54,022 / B vol. 2.

VALENTIN, G.G.

Lehrbuch

der

Physiologie des Menschen.

Für

Aerzte und Studirende.

Zweiter Band.

Erste Abtheilung.

Lehrbuch

der

Physiologie des Menschen.

Für

Aerzte und Studirende.

Von

Dr. G. Valentin,
ordentl. Professor der Physiologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Bern.

Zweiter Band.

Erste Abtheilung.

Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1847.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY
309889

Specielle Physiologie.

Zweite Abtheilung.

Die Lehre vom Nervenleben.

Ein Stoffwandel, der die Theile passend vergrößert und den Bestand 1912
der Gewebe, die ihre völlige Ausbildung erreicht haben, für längere Zeit erhält, beherrscht das Leben der Pflanzen und der Thiere. Beide Arten organischer Wesen bauen ihr Gerüst von selbst unter gewissen gegebenen Bedingungen auf. Sie schaffen sich die Verbindungen, die sie zu ihrem Wachsthume, ihrem Bestehen und den hiermit verknüpften Ausgaben nöthig haben. Dieser zweckmäßige Wechsel der Bestandtheile unterscheidet die lebenden Wesen von den todten Körpern der organischen und unorganischen Welt (Bd. I. §. 28 fgg.).

Die Lebensäußerungen der Gewächse weichen in wesentlicher Art von 1913
denen der Thiere ab. Die der Außenwelt passiv hingegebene und meist an ihren Ort gebannte Pflanze muß, was ihr der Zufall der Nebenbedingungen bereitet, ohne Weiteres ertragen. Wachsthums- und einzelne unselbstständige Bewegungserscheinungen können höchstens einen oft nutzlosen Widerstand verrathen. Die Kluft zwischen Leben und Tod ebenet sich hier durch die Ohnmacht, die keinen herannahenden Feind anzeigt, keine Schädlichkeit vermeiden und jede Verletzung ungehindert wirken läßt. Die Pflanze stirbt gewöhnlich nicht plötzlich ab. Viele ihrer einzelnen Stücke können, wie losgelöste Glieder einer Kette, ihr Dasein behaupten. Neues Leben erwacht häufig aus starren Theilen, in denen der Stoffwandel seit langer Zeit still gestanden hat.

Das erste Merkmahl der Thierwelt liegt in jener höheren Selbstbe- 1914
stimmung, die nicht nothwendig von Einflüssen der Umgebung abhängt und die wir daher mit dem Namen des Willens bezeichnen. Das Wesen, das sich dieses Vorzuges erfreut, braucht nicht immer unbedingt den Verhältnissen, denen es ausgesetzt ist, zu gehorchen. Es kann ihre Einflüsse beurtheilen, ihre Wirkungen aufsuchen oder fliehen, begünstigen oder hemmen. Die ihm verliehene Freiheit ist im Stande, neue Bedingungen ohne fremde Veranlassung zu schaffen, gegebene Zustände zu verbessern und sich mit der übrigen Welt in eine Wechselwirkung, die keiner Pflanze und keinem Steine zukommt, zu setzen. Mögen auch viele niedere Thiere den größten Theil ihres Lebens an bestimmte Orte gebunden sein, andere sich in einzelnen Gliedstücken erhalten und durch sie vergrößern, noch andere endlich nach langer Erstarrung zu neuem Leben erwachen, so sondert

sie doch ihre Selbstbestimmung auf eine durchgreifende Weise von den Gewächsen, an die nur einige untergeordnete Eigenschaften erinnern.

1915 Dieser Adel der Thierwelt fußt auf einer eigenthümlichen Art von Werkzeugen, auf den Nervenmassen. Kleine, dem freien Auge unkenntliche Gewebtheile, die Nervenkörper, empfangen die Eindrücke und erlassen die Befehle, die sich auf die sichtlichen Veränderungen der meisten übrigen Gebilde beziehen. Selbst das Denken der Menschen bedarf ihrer Vermittelung. Sind die Werkzeuge, die ihm dienen, zerstört, so kann zwar noch das übrige Räderwerk fortarbeiten; der geistige Lichtstrahl aber, der sich sonst vielseitig auf alle Gebiete der Erkenntniß ergoß, entbehrt jetzt der Brechung, die ihn erst der irdischen Anschauung zugänglich macht.

1916 Fäden von solcher Dünne, daß nur das Vergrößerungsglas ihre Durchmesser erkennen läßt, durchziehen den Thierkörper in tausendfachen Bahnen, um jene Mittelpunkte der Nervenwirkung von Allem, was an jedem Orte vorgeht, zu unterrichten und Alles ihren Einflüssen zugänglich zu machen. Die Schnelligkeit eines Augenblicks reicht hin, um den entferntesten Theil mit den ihn beherrschenden Nervenkörpern mittelst der Nervenfasern zu verbinden. Wille und Ausführung können daher fast in Eins zusammenfallen.

1917 Wären die Thiere wie die Pflanzen gebaut und hätten sie nur die Nervenmassen als Zugabe erhalten, so würde schon der Grundunterschied, der beide organische Reiche trennt, vorhanden gewesen sein. Die Gewebe und die Thätigkeiten der thierischen Geschöpfe unterscheiden sich aber noch durch viele andere wesentliche Merkmahle von denen der Gewächse. Eine größere Weichheit tritt an die Stelle des Starren, welches das Pflanzenreich durchdringt und es um so eher bei seinen passiven Verhältnissen beschützt. Die thierische Masse ist leichter verletzbar. Ihre Nervengebilde können sie aber auch häufiger vor Schädlichkeiten bewahren.

1918 Die Werkzeuge, die hier dem Stoffwandel dienen, können sich eher verändern, weil sie von Nervenmassen beherrscht werden. Ihre Wirkung erhöht oder erniedrigt sich, paßt sich den Außenverhältnissen an und verstärkt sich nicht selten durch das gleichzeitige Spiel anderer Theile, die sonst nicht in Anspruch genommen zu werden pflegen. Bewahren auch noch immer die Gesetze der Physik und Chemie ihre gewohnten Rechte, so ändern sich doch die Bedingungen, denen sie gehorchen, unter den geringsten Veranlassungen und in den leisesten Uebergängen. Eine unendliche Reihe von Tönen, die in den zartesten Abstufungen wechseln, ist auf diese Weise dem thierischen Körper möglich geworden.

1919 Mußte sich die mit keinen Nerven ausgerüstete Pflanze auf Stoffwechsel und Zeugung beschränken, so konnte noch eine Reihe höherer Thätigkeiten dem Thiere verliehen werden. Empfingen seine Nervenkörper Eindrücke, die einzelne andere Gewebtheile ursprünglich treffen, so lag es nahe, diese Fähigkeit zur Erkenntniß der Außenwelt zu benutzen. Die Sinne bildeten auf diese Weise eine Klasse von Werkzeugen, die ohne Nerven eine Unmöglichkeit, mit ihnen fast eine Nothwendigkeit waren. Die Selbstständigkeit des Thieres gewann durch sie in unberechenba-

rem Maaße. Ursprünglich physikalische Vorrichtungen, die für verschiedene Kraftäußerungen der Materie empfänglich sind, eröffnen sie durch ihre Nervenverbindungen eine neue Welt dem geistigen Blicke. Die Sicherheit des thierischen Wesens gewinnt durch ihre Hilfe nicht weniger, als die höheren Vorstellungen.

Wie aber die Sinne die Empfänglichkeit vielseitiger machen, so be- 1920
dingen die Bewegungswerkzeuge eine freiere Wirkung nach außen. Waren dem Thiere mechanische Mittel der Ortsveränderung, die an seinen Willen geknüpft sind, gegeben, so wurde ihm hierdurch ein nicht geringer Grad von Herrschaft verliehen. Die Passivität der Pflanzenwelt schwand zwar schon mit dem Auftreten der Nerventhätigkeit. Die Thiere konnten aber erst ihre volle Selbstständigkeit mit der Freiheit ihrer Bewegungen erreichen.

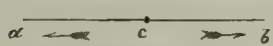
Die Lehre vom Nervenleben muß hiernach die Bewegungen, die 1921
Sinneserscheinungen und die Thätigkeiten der Nervenmassen betrachten. Einzelne Bewegungsverhältnisse hängen zwar nicht von den Nerven ab. Es ist aber unmöglich, sie von den übrigen verwandten Lebensäußerungen zu trennen, weil man noch nicht die Grenzlinien, die sie von ihnen scheiden, mit Genauigkeit anzugeben vermag.

Bewegung.

1922 Wir verbinden gewöhnlich den Begriff der Unthätigkeit mit dem der Ruhe und den der Wirksamkeit mit den Erscheinungen der Bewegung. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, daß gewisse Kräfte ihre Einflüsse in beiden Fällen ausüben müssen.

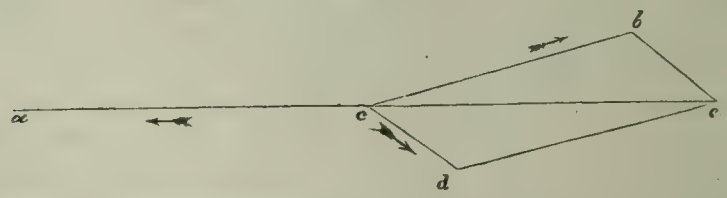
1923 Denken wir uns die Theilchen einer Masse in dem Punkte *c* (Fig. 1.) vereinigt, so wird dieser seinen Platz behaupten, wenn die Kraft, die ihn von *c* nach *b* zieht, eben so groß, wie die, welche ihn von *c* nach *a* zu bringen sucht, ist. Der Punkt *c*, der den Massentheilchen eines Körpers entspricht, ruht also, wenn ihn gleich große, aber entgegengesetzte Kräfte beherrschen.

Fig. 1.



1924 Stellen wir uns vor, daß er einer Reihe von Wirkungen, die ihn in verschiedenen Richtungen angreifen, ausgesetzt ist, so läßt sich das Verhältniß auf den eben ausgesprochenen Grundsatz mittelst des sogenannten Parallelogramms der Kräfte zurückführen. Wird der Punkt *c* (Fig. 2.) von den Einflüssen *ac*, *cb* und *cd*, die in der Richtung der

Fig. 2.



hinzugezeichneten Pfeile thätig sind, beherrscht, so können wir die beiden schiefen und theilweise entgegengesetzten Kräfte *cb* und *cd* auf eine Mittelkraft zurückführen. Wir vervollständigen *bcd* zu dem Parallelogramm *bcde*, so daß *be* der Linie *cd* und *de* der Linie *cb* gleich wird. Die Diagonale *ce* giebt dann eine Durchschnittsgröße, die den vereinten Wirkungen von *cb* und *cd* entspricht.

Man hat sich bis jetzt vielfach bemüht, diesen Grundsatz der Bewegungslehre auf streng mathematische Art zu beweisen. Die Leistungen blieben jedoch hinter den Foderungen, die man machen kann, zurück. Suchen wir uns daher die Sache auf dem Wege der Anschauung zu versinnlichen.

Wir vergleichen zwei Kräfte mit einander, wenn wir ihre Wirkungen auf dieselbe Zeiteinheit zurückführen. Bleiben alle Nebenbedingungen gleich und ist die eine in der Secunde mit 10 und die andere mit 5 thätig, so wissen wir, daß jene zwei Mal so groß als diese ausfällt. Wir können aber auch die Stärke der Wirkungen in entsprechenden

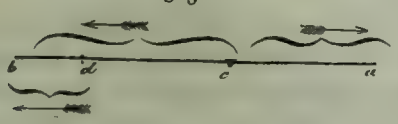
Linienlängen versinnlichen. Zwei Kräfte, die einen Punkt *c* angreifen, verhalten sich daher, wie *cb* und *cd*.

Wäre *cb* allein thätig, so würde *c* in einer Secunde nach *b* gebracht werden. Da aber *cd* gleichzeitig wirkt, so muß diese zweite Kraft die Bahn *cb* so fortführen, daß der Punkt *b* am Ende der Secunde eine *cd* gleiche und parallele Linie durchsetzt hat, d. h., daß er um die gegenüberliegende Seite *be* des Parallelogramms *cbed* fortgeschritten ist. Steht also der Punkt *c* unter dem Einfluß zweier Kräfte *cb* und *cd*, so wird er am Ende der ersten Secunde eben so weit kommen, als wäre er von einer einzigen Mittelkraft, die der Diagonale *ce* gleicht, bestimmt worden.

Derselbe Schluß gilt von jeder beliebigen Zeiteinheit. Entsprechen ihr verhältnißmäßige Stücke von *cb* und *cd*, die den gleichen Winkel einschließen, so muß die Mittelkraft zwei Dreiecke, die *cbe* und *ced* ähnlich sind, bestimmen. Sie wird daher einen Theil von *ce* bilden oder in deren Verlängerung fallen, je nachdem wir weniger oder mehr als eine Secunde für die Thätigkeitsdauer annehmen.

1925 Ein Punkt erhält sich an seinem Orte, wenn die Mittelkräfte der Wirkungen, unter denen er steht, gleich und entgegengesetzt sind. Ist dieses nicht der Fall, so schreitet er in der Richtung der stärker wirkenden Gewalt fort. Wird *c* von *ca* nach *a* und von *cb* nach *b* gezogen und ist *bc* um *bd* größer, wie *ca*, so muß *c* um eine Länge, die *bd* gleicht, nach *b* hin fortrücken. Es ist eben so gut, als wirkte nur eine von keiner Gegenwirkung gefesselte Kraft von der Größe *bd* auf *c* ein.

Fig. 3.



1926 Ein unaufhörliches Streben der Anziehung oder der Abstoßung beherrscht die Theile der Materie. Es fehlt nicht in der Ruhe, sondern ist nur dann durch das Gleichgewicht entsprechender, aber entgegengesetzter Bedingungen gefesselt. Bewegung geht aus der Störung dieses Gleichgewichts hervor. Der einseitige Ueberschuß an Kraft fällt allein in die Augen.

1927 Die Wirkung, die eine Kraft erzeugt, vertheilt sich auf die Masse und die Geschwindigkeit des Körpers, den sie in Thätigkeit setzt. Dieselbe Kraftgröße wird in der Secunde unter gleichen Nebenverhältnissen eine zwei Kilogramm schwere Masse drei Meter weit und eine, die drei Kilogramm wiegt, zwei Meter treiben. Das Product der Masse und der Geschwindigkeit, das die mechanische Kraftgröße mißt, ändert sich nicht. Die Maschinen erhöhen sie nicht, sondern vertheilen ihre beiden Grundwerthe in zweckmäßiger Weise. Es wird nur an Masse auf Kosten der Geschwindigkeit und umgekehrt gewonnen.

1928 Diese Gesetze gelten zunächst für die mechanischen Anziehungserscheinungen. Die kleinsten Theile aller Körper suchen sich nämlich so sehr als möglich gegenseitig zu nähern. Dieses Streben, aus dem die Schwereverhältnisse hervorgehen, wirkt nach Maaßgabe der Abstände, welche die Massen trennen. Die Anziehung nimmt in dem Quadrate der Entfernung ab und in gleichem Verhältniß der Masse zu. Der Stoß, die Federkraft und die Ausdehnung können noch mechanische Wirkungen, die wie die Schwereverhältnisse jenen zuerst erwähnten Normen gehorchen, erzeugen.

1929 Eine andere Art von Erscheinungen hängt mit den Eigenschaften der kleinsten Theile zusammen. Die Atome des Kochsalzes haften nur so lange an einander, als sie von denen des Wassers entfernt gehalten werden. Kommen sie aber mit diesen in Berührung, so siegt eine stärkere Anziehung. Das Salz löst sich auf und seine Atome verbinden sich mit denen des Wassers zu einer flüssigen Masse.

1930 Ist diese Bedingung erfüllt, so kann eine andere Anziehung noch tiefer eingreifen. Bringen wir salpetersaueres Silberoxyd hinzu, so wird die Anziehung des Chlors zum Natrium von der zu dem Silber überwunden. Es fällt Chlorsilber, das nicht von dem Wasser gehalten werden kann, nieder.

1931 Da es noch nicht gelungen ist, die von den Eigenthümlichkeiten der letzten Theile abhängigen Anziehungserscheinungen auf bestimmte Gesetze zurückzuführen, so entbehrt auch noch die Chemie jener Vollkommenheit, die sie einer mathematischen Behandlung fähig macht. Zufällige Erfahrungen können allein ihr Gebiet erweitern.

1932 Die Wärme liefert das deutlichste Beispiel, wie sich die Anziehungskräfte vermindern oder wie Abstoßungen und Einlagerungen von fremdartigen Atomentheilen ihren Wirkungskreis schmälern können. Die Körper dehnen sich dieser Eingriffe wegen in der Wärme aus. Der Widerstreit der gewöhnlichen Anziehungsverhältnisse und der Abstoßung, welche die Wärme bedingt, erzeugt auch vermuthlich einen Theil der schon Bd. I. §. 163. angeführten Ausnahmen des Mariotte'schen Gesetzes[1]) und die Abweichungen, die manche Erscheinungen der Haarröhrchenanziehung (Bd. I. §. 105 fgg.) unter verschiedenen Wärmeeinflüssen darbieten.[2])

1933 Licht, Elektricität und Magnetismus ändern ebenfalls oft die gewöhnlichen Anziehungskräfte in bestimmter Reihenfolge. Der Stellungswechsel der Atome kann hier nur meist aus Nebenwirkungen auf dem Wege der Wahrscheinlichkeitsgründe erschlossen werden.

1934 Wir haben so eine unendliche Reihe von Bewegungsursachen der letzten Bestandtheile aller Körper. Sie greifen auch tief in alle Erscheinungen des lebenden Organismus ein. Die Schwere beherrscht die Gesammtmasse und bestimmt die Hauptthätigkeiten der Hebel, welche die Ortsveränderungen einleiten. Die chemische Verwandtschaft vermittelt den Stoffwandel, der den Organismus im Gange erhält. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß manche der angeführten oder ihnen gleichwirkende Bewegungsursachen der Atome den Erscheinungen, die wir heute noch als lebendige Verkürzung der organischen Wesen bezeichnen, zum Grunde liegen. Wird auch z. B. die Zusammenziehung eines Muskels von dem durch die Nerven vermittelten Einflusse beherrscht, so kann doch die Längenverminderung der Muskelfasern selbst durch gewöhnliche Bewegungs-

---

[1]) E. Ritter, in den Mémoires de la Société de Physique et d'histoire naturelle de Genève. Tome XI. 1re Partie. Genève, 1846. 4. p. 99 — 114.

[2]) C. Brunner, De ratione, quae interfluidorum cohaesionem et calorem aliasque vires moleculares intercedit. Berolini, 1846. 4.

verhältnisse der Atome bedingt werden. Die Nerventhätigkeit braucht es nur möglich zu machen, daß sich ihr Gleichgewicht in einem bestimmten Augenblicke in zweckmäßiger Weise ändert.

Die Lehre von der Bewegung muß sich mit drei verschiedenen Haupt- 1935
gruppen von Erscheinungen beschäftigen. Die eine umfaßt die der Gewebtheile, die hier in Betracht kommen, die zweite die mechanischen Einrichtungen, deren sich die Bewegungswerkzeuge des Menschen im Allgemeinen erfreuen, die dritte endlich die Bestimmung der einzelnen Muskeln und der anderen, der Ortsveränderung dienenden Gebilde. Wir werden aber noch untergeordnetere Abtheilungen der leichteren Uebersichtlichkeit wegen annehmen.

I. Bewegungen der Gewebtheile.

1. Brown'sche Molecularbewegung.

Gleichen hatte schon im vorigen und Gruithuisen zu Anfang 1936
des gegenwärtigen Jahrhunderts bemerkt, daß sich sehr kleine, nur unter dem Mikroskope wahrnehmbare Körper, die von einzelnen thierischen Gebilden stammen, in manchen Flüssigkeiten fortwährend bewegen. Robert Brown[1]) lenkte auf diesen Gegenstand die allgemeine Aufmerksamkeit und zeigte, daß die Erscheinungen an Bruchstücken von Mineralien eben so gut, als an denen von organischen Theilen wiederkehren. Sie müssen nur einen sehr geringen Umfang haben und in einer Flüssigkeit, die sie nicht löst, schwebend erhalten werden. Keine stärkere Anziehung darf überdieß ihren Regungen siegreich in den Weg treten.

Feine Pulver harziger Massen, z. B. von Stinkasand, zeigen die 1937
lebhaftesten Bewegungen. Die kleinen Krystalle kohlensaueren Kalkes,

Fig. 4.

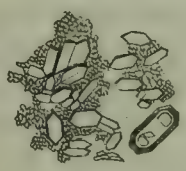


Fig. 5.

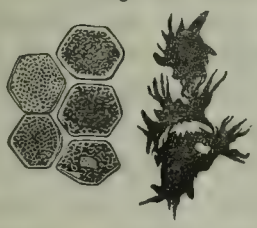


Fig. 4, die wir in dem Gehörsande oder in den Gehörsteinen des Menschen und der höheren Wirbelthiere, sowie in den Hüllen des Gehirns und des Rückenmarkes der meisten Amphibien antreffen, und die Pigmentmolecüle, welche die dunkele Färbung der Pigmentzellen, Fig. 5., bedingen, eignen sich unter allen Gewebtheilen am Besten, das Ganze zur Anschauung zu bringen. Man braucht sie nur mit Wasser zu vermischen, um sogleich die mannigfachsten Ortsveränderungen der mechanisch vertheilten Festgebilde unter stärkeren Vergrößerungen wahrzunehmen.

Die kleinsten Krystalle des Gehörsandes des Menschen oder der Kalk- 1938
säckchen der Frösche, die nur $^1/_{1000}$ bis $^1/_{500}$ Millimeter messen, schwingen

[1]) Robert Brown, Vermischte botanische Schriften, herausgegeben von C. G. Nees von Esenbeck. Bd. IV. Nürnberg, 1830. 8. S. 141 — 164.

am lebhaftesten. Größere, deren Längenachse drei Mal so bedeutend ist, können auch noch unruhig werden. Es kommt dagegen seltener vor, daß solche, die $^1/_{125}$ Millimeter lang sind, an den Ortsveränderungen Theil nehmen. Zufällige Nebenverhältnisse, wie stärkere Strömungen der Flüssigkeit, veranlassen sie hierzu am häufigsten.

Die größten Krystalle, deren Längenachse $^1/_{50}$ bis $^1/_{70}$ Millimeter gleicht, liegen immer ruhig. Treibt sie ein Strom weiter, so widersteht ihre Trägheit bei dem ersten günstigen Anlasse.

Wir sehen hieraus, daß die Größe einen wesentlichen Einfluß ausübt. Ein umfangreicheres Körperchen, das an und für sich eine bedeutendere Eigenschwere als die umgebende Flüssigkeit hat, sinkt leichter zu Boden und wird dann hier eher durch Anziehung und Reibung festgehalten. Das kleinere schwebt nicht bloß in der Flüssigkeit, sondern giebt auch geringeren Einwirkungen nach.

1939 Die ungleiche Beschaffenheit der Molecüle und der sie umgebenden Masse bildet ein zweites Begünstigungsmittel der Erscheinung. Harze, Oele und unlösliche Salze bewegen sich deshalb im Wasser am lebhaftesten. Die Pigmentmolecüle zeichnen sich auch wahrscheinlich aus diesem Grunde vor den kleinsten Theilen der übrigen Gewebe aus.

1940 Die verschiedenen Arten der Drehung und Ortsveränderung lassen sich an den Krystallen des Hörsandes und der Kalksäckchen am besten verfolgen, weil hier die Ungleichheit der Länge und der Breite manche Verhältnisse, die an runden Gebilden unklarer bleiben, besser zur Anschauung bringt. Nehmen wir an, das Wasser, mit dem man sie zu einer Milch angerührt hat, biete keine stärkeren Strömungen im Augenblicke der Beobachtung dar, so bewegen sich die kleineren und kleinsten Krystalle fortwährend, ohne jedoch größere Raumstrecken zu durchlaufen. Sie wälzen sich häufig um eine ihrer Achsen, beschreiben mit einer ihrer Endspitzen einen Kreis, so daß die zweite den Mittelpunkt der Bahn bildet, oder zittern und schwanken von einer Seite zur anderen. Es kommt auch hierbei vor, daß ein Kryställchen eine Strecke weit fortrückt und nach einiger Zeit an seinen früheren Ort zurückkehrt, mit seiner ganzen Masse eine Kreisbahn durchläuft oder eine Schraubenwindung, die sich immer ungefähr in derselben Raumgrenze hält, verfolgt. Geräth die Flüssigkeit in Wellenbewegung, so gewinnen die Schwankungen an Lebhaftigkeit und werden zugleich nicht selten einseitiger. Da sich schwache Flüssigkeitsströme dem unmittelbaren Anblicke zu entziehen pflegen, so kann man, wenn man nicht sehr vorsichtig beobachtet, auf Ortsveränderungen stoßen, die leicht den Schein der Willkühr annehmen.

Wird ein mittelgroßer Krystall von einer Menge von kleineren umgeben, so vermag sich die fortgesetzte Unruhe von diesen dem sonst trägeren, umfangreicheren Körperchen mitzutheilen. Er bewegt sich aber langsamer und kömmt auch leichter zur Ruhe.

1941 Verdunstet die Flüssigkeit, so sinkt eine immer größere Menge von Kryställchen auf die unterliegende Glasplatte hinab. Die stärkere Anziehung und Reibung hebt nach und nach die Bewegung auf. Trockene

Pulver ruhen nicht nur unter gewöhnlichen Verhältnissen, sondern haften auch an der Glasplatte, auf der sie liegen, mit einer nicht unbedeutenden Zähigkeit.

Die fortschreitende Bewegung fällt an den runden Pigmentmolecülen 1942
eher als die Drehung auf. Man sieht sie tanzen, in geraden Linien oder in Bogen weiter gehen und bald wiederum an ihren früheren Ort zurückkehren. Die Drehbewegungen können am besten an länglich runden Pigmentmolecülen unter starken Vergrößerungen verfolgt werden. Man bemerkt oft, wie sich ihr vorderes Ende nach hinten und umgekehrt wendet und wie sie sich abwechselnd auf die eine und die andere Seite, nach oben und nach unten neigen. Manche Körperchen, die noch einen Augenblick zuvor still waren, werden durch schwingende Nachbargebilde unruhig gemacht.

Es hat häufig das Ansehen, als wenn zwei Körperchen zusammengingen und sich dann wieder entfernten. Eine genauere Betrachtung lehrt aber, daß hier wahrscheinlich keine besondere Anziehung und Abstoßung eingreift. Bedenkt man, daß man stärkere Vergrößerungen, die nur kurze Brennweiten besitzen, zu solchen Beobachtungen nöthig hat, so kann schon der geringste Höhenunterschied die Bilder undeutlich machen. Kommt die Bahn eines Körperchens der eines zweiten nahe, so wird man leicht zu dem Glauben verführt, daß sie sich angezogen haben.

Strömt nicht die Flüssigkeit so stark, daß es sogleich in die Augen 1943
fällt, so halten sich meist die einzelnen Molecüle innerhalb eines bestimmten Raumgebietes. Man stößt jedoch auch nicht selten auf Ausnahmen. Verfolgt man ein und dasselbe Körperchen mehrere Minuten lang, so bemerkt man bisweilen, wie es trotz seiner bergigten oder ebenen Umwege in einer bestimmten Richtung fortgeht. Will man sich hier vor Täuschungen sichern, so nimmt man am Zweckmäßigsten die Mikrometerfäden des Oculars zum Ausgangspunkte.

Die Bewegung der Pigmentmolecüle kann unter günstigen Ver- 1944
hältnissen lange unterhalten werden. Bewahrt man sie an einem ruhigen Orte in einer der bald zu beschreibenden zugeschmolzenen Glasröhren unter Wasser auf, so setzen sie sich zwar mit der Zeit an den Wänden ab, so daß die Hauptmasse der Flüssigkeit keine mehr enthält. Es dauert aber eine geraume Zeit, ehe die Erscheinung völlig aufhört. Sie erhielt sich z. B. in einem von mir beobachteten Falle 8 Nachtstunden unversehrt.

Die kleinsten Körnchen des Dotters, der Tuberkelmasse und anderer 1945
thierischen Gebilde, die feinsten Bruchstücke von Kohle, Ruß, Gummigutt, Stinkasand und vielen anderen organischen und anorganischen Körpern bieten im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse dar. Da die scheinbare Bewegung mit der Mikroskopvergrößerung zunimmt (Bd. I. §. 1092.), so ist es immer vortheilhafter, so starke Linsen als möglich zu diesen Forschungen zu gebrauchen.

Die Unruhe der Molecularkörperchen kann schon in lebenden Gebil- 1946
den vorkommen. Pigmentmolecüle, Oeltröpfchen und andere sehr kleine

Theile, die noch in ihren Zellen eingeschlossen sind, zittern nicht selten auf das Lebhafteste. Man stößt sogar hier häufig auf ein leicht erklärbares Begünstigungsmittel der Erscheinung. Der schleimigte Inhalt vieler Pflanzenzellen und der eiweißartige der thierischen Bläschen zieht oft mit Begierde Wasser endosmotisch ein. Es entstehen so Strömungen, die feine Inhaltskörnchen in Unruhe versetzen. Die Molecüle der Fovilla, die in dem Pollenschlauche vorkommen, zeigen deshalb häufig Molecularbewegung. Sind auch noch die Pigmentkörperchen des Embryo des Krebses oder die Moleculargebilde des Eies der Crustazeen und der Frösche in ihren Zellen eingeschlossen, so zittern sie doch nach Rathke[1]), so wie man sie mit Wasser befeuchtet. Oel dagegen, das nicht eingesogen wird, läßt sie auch in Ruhe.

1947 Es versteht sich von selbst, daß zähe Flüssigkeiten, die selbst stärkere, äußere Einflüsse in unvollkommene Wellenbewegungen und Strömungen versetzen, die Molecularbewegung nicht begünstigen können. Die Wahrheit dieses Schlusses läßt sich durch einen Versuch anschaulich machen.

Geht das Auge eines Menschen oder eines Säugethieres in Fäulniß über, so findet man einzelne schmutzig braun gefärbte Bruchstücke von schleimigter Beschaffenheit an der Aderhaut. Zerdrückt man sie allmählig zwischen zwei Glasplatten, so findet man, daß diejenigen Pigmentmolecüle, die in dem flüssigeren Theile des Ganzen enthalten sind, unausgesetzt schwingen; die übrigen dagegen, die von der schleimigen Zersetzungsmasse eingeschlossen werden, ruhen vollständig.

1948 Will man den Einfluß, den verschiedene Flüssigkeiten ausüben, untersuchen, so darf man nicht das Pigment, wie man es unmittelbar durch Abschaben erhält, gebrauchen. Ein großer Theil der Körnchen bleibt dann von Wasser umgeben und hindert oft die Wirkung des Prüfungsmittels. Man muß vielmehr das Ganze zum trockenen Rückstande verdampfen und das fein zerriebene Pulver desselben mit der Flüssigkeit, deren Einflüsse ermittelt werden sollen, vermischen.

1949 Wässrige Lösungen, die mit einem freien Raume in Verbindung stehen, können schon Strömungen durch ihre Verdunstung veranlassen. Wir werden zwar bald sehen, daß die Molecularbewegung auch ohne dieses Nebenmittel fortdauert. Oele und ähnliche Flüssigkeiten, die nicht an der Luft verdampfen, müssen aber immerhin eine Anregung weniger unter jenen Verhältnissen darbieten.

Mischte ich den gepulverten Rückstand des schwarzen Augenpigmentes mit Baumöl und dickflüssigem Terpentinöl, so bemerkte ich keine Spur von Molecularbewegung, wenn keine äußeren Erschütterungen sichtliche Strömungen veranlaßten. Befanden sich die Pigmentkörperchen in destillirter und daher zähflüssiger Schwefelsäure, so nahm ihre Unruhe ab. Ein einzelnes Körnchen bot nur hin und wieder unmerkliche Schwankungen dar. Salpetersäure färbte sie gelb und lähmte auch, wie es schien, ihre Bewegungen. Sie erhielten sich dagegen in verdünnter Salzsäure, in

[1]) Rathke, in Müller's Archiv, 1843. S. 367—371.

Essigsäure, Kleesäure, Chromsäure, kaustischem Kali, kohlensauerem Ammoniak, Weingeist und einer vollständig gesättigten Lösung von Kochsalz.

Die Geschwindigkeit der Molecularbewegung muß in hohem Grade 1950
wechseln. Stärkere Ströme, die sogleich in das Auge fallen, reißen die Körperchen mit Gewalt fort. Die Beschleunigung, die hierdurch entsteht, schwankt innerhalb so weiter Grenzen, daß keine Bestimmung von Mittelzahlen möglich wird. Man kann daher höchstens versuchen, die Schnelligkeit der gewöhnlichen Bewegungen, die sich bei scheinbar vollkommener Ruhe der Flüssigkeit erhalten, so nahe als möglich zu schätzen.

Beschränkt man sich aber auch auf dieses Bemühen, so häufen sich 1951
doch die Schwierigkeiten so sehr, daß man nur sehr ungefähre Werthe im glücklichsten Falle erhält. Die Pigmentmolecüle verfolgen fast immer krummlinigte Bahnen, deren Länge nicht genau mit dem Mikrometer bestimmt werden kann. Man muß daher möglichst kleine Strecken wählen, um den Fehler, so sehr es angeht, zu verringern. Die kurzen Zeiträume, auf denen man fußt, und die oft nicht zu bestimmenden Nebenstörungen, die hierbei eingreifen, erweitern die Grenzen der Fehlergrößen, die schon ohne dieses solche Untersuchungen stören.

Eine Beobachtungsreihe, die ich an den Pigmentmolecülen der Ader- 1952
haut des Auges anstellte, ergab mir im Durchschnitt ungefähr $\frac{1}{250}$ Millimeter als Secundengeschwindigkeit. Sie ist daher beinahe $2\frac{1}{2}$ Millionen Mal kleiner, als die Schnelligkeit, die ein Körper am Ende der ersten Secunde seiner Fallzeit erreicht. Schlägt man die mittlere Geschwindigkeit des Blutlaufes, wie er in den feinsten Gefäßen des Froschfußes beobachtet wird, zu 0,56 Millimeter an (Bd. I. §. 1093.), so würde sich ein Pigmentmolecül 140 Mal so langsam, als ein Blutkörperchen bewegen.

Man zieht zu diesem Zwecke ein dünnes Haarröhrchen an der Glühlampe aus, stellt es in Wasser, in dem man etwas Pigment vertheilt hat, und läßt die Mischung längs des Röhrchens emporsteigen. Soll die Flüssigkeit die spätere mikroskopische Beobachtung durch ihre Undurchsichtigkeit nicht stören, so darf sie nur eine schwach bräunliche Farbe haben. Man schmilzt hierauf die beiden Enden des Röhrchens zu. Etwas Wasser geht dabei als Dampf davon. Entbindet er sich zu rasch, so dehnt er bisweilen das Glas blasig aus oder bringt es selbst zum Bersten. Man versichert sich unter dem Mikroskope, daß das zugeschmolzene Röhrchen an keiner Stelle eine Lücke hat und läßt es auf dem Mikrometertische so lange liegen, bis sich alle Folgen der Erschütterung ausgeglichen haben.

Ist Alles vorbereitet, so hält man sich eine Uhr, die eine bekannte Zahl von Schlägen in der Minute macht, an das Ohr und bestimmt hierauf, welche Entfernung ein Pigmentmolecül während der Zeit eines Schlages durchläuft. Man wird finden, daß man nur sehr ungefähre Werthe selbst bei der größten Aufmerksamkeit erhalten kann.

Die Uhr, der ich mich bediente, machte 120 bis 122 Schläge in der Minute. Vier Bestimmungen ergaben für jeden Schlag 0,0016 bis 0,0025 und im Durchschnitt 0,0020 Millimeter.

Man kennt noch nicht vollständig die Ursachen der Molecularbewe- 1953
gung. Da sie auch an todten Pulvern wahrgenommen wird, so läßt sich mit Recht voraussetzen, daß physikalische Verhältnisse der Erscheinung zum

Grunde liegen. Muncke[1]) suchte vorzüglich die Ursachen des Ganzen in der ungleichen Erwärmung des mittelst des Spiegels des Mikroskopes stark erleuchteten Wassers, der Verdampfung, dem Luftzuge und der Wärmeströmung. Da die Bewegung in den §. 1952. beschriebenen zugeschmolzenen Glasröhren fortdauert, so muß auch die Schwankung der Molecüle den Luftzug ohne Nachtheil entbehren können. Es läßt sich dagegen schwieriger über die übrigen Bedingungen urtheilen.

1954 Die zugeschmolzenen Glasröhren enthalten immer einen kleinen Luftraum, der mit Wasserdunst gesättigt ist. Erhöht sich die Temperatur, so wird mehr Wasser verdampfen. Unmerkliche Strömungen können hierbei möglicher Weise erzeugt werden. Da sich aber die Molecularbewegung nicht wesentlich ändert, wenn man das Ganze abwechselnd mit mattem Tages- oder hellem Lampenlicht beleuchtet, so können wir schließen, daß ein geringer Wechsel der Dunstspannung und der Wärmevertheilung keinen durchgreifenden Einfluß ausübt.

Zieht man das Röhrchen durch die Weingeistflamme, so verstärkt sich die Unruhe der Molecüle. Die mechanische Erschütterung kann hieran eben so großen Antheil, als die Erwärmung haben. Erhitzt man das Ganze von einer Seite, so bilden sich Flüssigkeitsströmungen, welche die Körperchen fortreißen.

1955 Es ist bekannt, daß sich Erschütterungen, welche die gewöhnliche Beobachtung nicht mehr bemerkt, an feineren Vorrichtungen in auffallenderer Weise zu erkennen geben. Die Sternwarten müssen deshalb feste Steingrundlagen haben und von dem Treiben lebhafter Straßen entfernt liegen, damit nicht die genaueren Messungen durch fortwährende Schwankungen gestört werden. Bedenkt man, daß leichtbewegliche Flüssigkeiten erst nach langer Zeit vollständig zur Ruhe kommen und daß sich die leisesten Regungen unter den starken Vergrößerungen, die zur Verfolgung der Molecularbewegung nothwendig sind, verrathen, so vermag hierin ein wesentlicher Grund der Unruhe jener kleinen Gebilde zu liegen. Die Schwankungen, die der Pulsschlag des Menschen erzeugt (Bd. I. §. 1044.), wären schon im Stande, die Beweglichkeit der Molecüle, so lange sie nicht an einer festen Wand anliegen, zu unterhalten. Die schädliche Wirkung dickflüssiger Massen spricht noch für die Thätigkeit dieser mechanischen Anregungen. Die Verdunstung und die Wärmeströmungen, wie sie unter gewöhnlichen Verhältnissen vorkommen, bilden nur zum Theil untergeordnete Nebenbedingungen.

1956 Die Eigenschaften der kleinen festen Theile und der Flüssigkeit, die sie umgiebt, müssen schon insofern von Bedeutung sein, als es von ihnen abhängt, ob die Molecüle in der umgebenden Masse längere Zeit schweben oder sich binnen Kurzem zu Boden senken. Es wäre aber möglich, daß der Grad der Benetzung und andere Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen einen nicht unbedeutenden Einfluß ausüben. Nur ausfühlr-

[1]) G. Th. Fechner, Repertorium der Experimentalphysik. Bd. I. Leipzig, 1832. 8. Seite 12. 13.

lichere Beobachtungen, als bis jetzt vorliegen, werden hierüber entscheiden können.

Die Molecularbewegung fehlt nach R. Brown allen in Wasser löslichen Salzen und Kochsalzmolecülen, die sich in einer gesättigten Auflösung dieser Verbindung befinden. Ließ ich aber fein zerriebenes Kochsalz in einer gesättigten Kochsalzlösung liegen, schüttelte das Ganze und untersuchte dann einzelne Tropfen, so zeigten die feinsten Körnchen ziemlich lebhafte Molecularbewegung.

2. Flimmerbewegung.

Die kleinen Haare oder die Läppchen, welche die freie Oberfläche 1957
mancher Epithelialzellen bekleiden, schwingen anhaltend im Leben und einige Zeit nach dem Tode. Sie erregen daher zunächst Wellenbewegungen der schleimigten Flüssigkeit, die sie unmittelbar zu umgeben pflegt. Sind die Gebilde, auf denen sie sitzen, hinreichend befestigt, so kann sich nur die Unruhe der Flimmerhärchen auf die mit ihnen in unmittelbarer Berührung stehenden Flüssigkeiten und deren mechanische Gemengtheile übertragen. Es entstehen so Strömungen, deren Richtung von der übereinstimmenden einseitigen Thätigkeit der Flimmerhaare abhängt. Leichtere und beweglichere Massen werden auf diese Weise längs der Oberfläche fortgeführt oder in ihren Ortsveränderungen unterstützt.

Denken wir uns, ein freier, flimmernder Theil sei so leicht, daß der 1958
Widerstand seiner Schwere von der Kraft der Flimmerwellen überwunden wird, so muß er nach Maaßgabe der Nebenbedingungen in geraden oder krummen Linien fortrücken, sich um eine seiner Achsen wälzen oder Verbindungen dieser mannigfachen Bewegungsarten darbieten. Manche junge Eier und Embryonen drehen sich aus diesem Grunde unausgesetzt. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an kleinen Abschnitten einer Flimmerhaut, die mit zahlreichen lebhaft schwingenden Haaren bekleidet ist.

Verbreitung der Flimmerbewegung. — Neuere Beobach- 1959
tungen haben gelehrt, daß die Flimmerbewegung nicht bloß in der Thierwelt vorkommt, sondern auch in dem Gewächsreiche in einzelnen, wenn auch seltenen Beispielen gefunden wird. Die Samen mancher Conferven und Algen werden kurze Zeit, ehe sie ihre Mutterzelle verlassen, unruhig. Sie drehen sich um ihre Achse, dringen dabei nach der Endspitze ihres Behälters vor, zwängen sich durch eine Oeffnung desselben durch und setzen eine Zeit lang ihre Drehbewegungen im Freien fort. Sie sinken endlich regungslos zu Boden und keimen.

Die Beobachtungen von Unger[1]) und Siebold[2]) haben gelehrt, 1960
daß diese drehenden Confervensamen feine, lebhaft schwingende Flimmerhaare an ihrer Oberfläche tragen. Die näheren Verhältnisse ihrer Un-

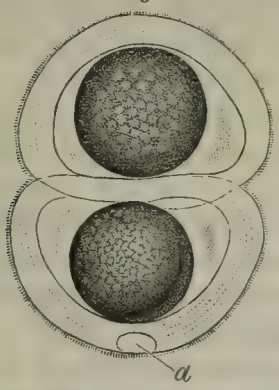
[1]) F. Unger, Die Pflanzen in dem Momente der Thierwerdung. Wien, 1843. 8. S. 32. 33.

[2]) C. Th. de Siebold, De finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis. Erlangae, 1844 4.

terlage und manche ihrer später zu erwähnenden Thätigkeitsäußerungen scheinen nach diesen Forschern von den entsprechenden Verhältnissen der thierischen Flimmergewebe abzuweichen.

1961 Agardh leitete schon früher ähnliche Ortsveränderungen, die in Seetangen vorkommen, von Flimmerbewegungen her. Decaisne und Thuret[1]) fanden, daß nicht die Samenkörner, sondern deren gemeinschaftliche Hülle, das Episporium, mit Härchen besetzt ist. Fig. 6. zeigt uns dieses Gebilde aus Pelvetia canaliculata. Die runden, anfangs eingeschlossenen Sporen bewegen sich hier nicht.

Fig. 6.



1962 Es ist bis jetzt nicht möglich geworden, die Flimmerbewegung als die Ursache der unaufhörlichen Drehbewegungen des Zellensaftes der Charen und anderer Gewächse nachzuweisen oder sie überhaupt in anderen Pflanzengebilden zu beobachten.

1963 So häufig auch Flimmerepithelien in der Thierwelt vorkommen, so scheinen doch manche Abtheilungen derselben diese Art von Gewebtheilen hartnäckig auszuschließen. Es glückte bis jetzt noch nicht, Flimmerbewegungen in den vollständig entwickelten Insekten, den Spinnen und den höheren Krebsen nachzuweisen. Während die Weichthiere mit zahlreichen Flimmerhäuten ausgerüstet sind, mangeln sie fast durchgehends in dem Körper der vollkommen ausgebildeten Kopffüßler.

Ueber das Vorkommen der Flimmerepithelien in der Thierwelt s. Purkinje und Valentin, De phaenomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis cum externis, tum internis animalium plurimorum et superiorum et inferiorum ordinum obvio. Vratislawiae, 1835. 4. Sharpey, in Todd Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. I. London, 1836. 8. p. 606 — 638. R. Wagner, Handwörterbuch der Physiologie mit Rücksicht auf physiologische Pathologie Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 484—516. J. Müller, Ueber den Bau und die Lebenserscheinungen des Branchiostoma lubricum. Berlin, 1844. 4. S. 23. Ecker, in Müller's Archiv. 1844. Seite 520. 21. und die ebendaselbst von Siebold gegebenen Jahresberichte über die Anatomie der wirbellosen Thiere. 1844—1846.

1964 Obgleich die warmblütigen Wirbelthiere die Erscheinungen der Flimmerbewegung fast eben so häufig als die kaltblütigen darbieten, so bedient man sich doch in der Regel der Amphibien, um die vorzüglichsten Einzelnheiten dieses Vorganges zu erforschen. Die Schwingungen der Härchen erhalten sich hier länger und widerstehen auch manchen äußeren Schädlichkeiten mit größerer Hartnäckigkeit. Nimmt man den Frosch, so wählt man am Zweckmäßigsten die Schleimhaut der Mundhöhle. Die Innenfläche der Lungen stört leicht durch ihre zahlreichen Unebenheiten. Die Flimmerbewegung des Eileiters aber hört in der Regel eben so rasch als die von Vögeln oder Säugethieren auf. Die Härchen ruhen sogar schon hier häufig in Schleimhautstückchen, die von eben getödteten Thieren stammen.

---

[1]) Decaisne und Thuret, in den Annales des sciences naturelles. Botanique. Troisième Serie. Tome III. Paris, 1845. 8. pag. 10.

Man trennt ein Stück der Flimmerhaut los, faltet es, so daß der 1965
umgeschlagene Rand von einer Reihe von Flimmerzellen begrenzt wird, legt das Ganze in Wasser und läßt es frei oder setzt es mit Vorsicht dem gelinden Drucke eines Deckplättchens oder des Compressoriums aus. Die Strömung kann dann immer am Rande und nicht selten auch auf der Fläche wahrgenommen werden. Eier und Embryonen, die sich mittelst ihres Flimmerepithelium drehen, bedürfen keiner Vorbereitung. Dasselbe gilt im Wesentlichen von vielen kleinen und hinreichend durchsichtigen Geschöpfen. Ein zweckmäßig geleiteter Druck muß höchstens die Untersuchung unterstützen.

Schabt man die Oberfläche einer Flimmerhaut ab, so enthält die 1966
schleimigte Masse, die auf dem Messer bleibt, vereinzelte Flimmerzellen, *a* und *b*, Fig. 7. Man stößt auch in der Regel auf Haufen *a*, Fig. 8., in denen die Cylinder pallisadenartig neben einander stehen. Die Härchen bleiben dabei noch oft in Thätigkeit. Ihre Schwingungen stehen jedoch leichter still, als wenn sich eine größere Menge von Flimmergebilden in ihrem natürlichen Zusammenhange befindet.

Fig. 7.

Fig. 8.

Halten wir uns an den Menschen und die Säugethiere, so kommt 1967
die Flimmerbewegung in dem centralen Nervensysteme, den Thränen-, den Geruchs- und den Athmungswerkzeugen, den weiblichen Geschlechtstheilen und wahrscheinlich auch den Nieren vor. Nebengebilde der Lungen, die, gleich den Luftsäcken der Vögel, von Flimmerepithelien bekleidet würden, finden sich hier nicht. Die Schleimhäute der Mundhöhle und der Speicheldrüsen, die Innenflächen des Trommelfelles, des Herzbeutels, der Kloake und des Bauchfells, die in vielen Reptilien mit Flimmerhaaren versehen sind, tragen einfachere zelligte Ueberzüge in den höchsten Wirbelgeschöpfen.

Feine, leicht zerstörbare Flimmercylinder begrenzen die Oberflächen 1968
der mittleren und der seitlichen Hirnhöhlen des Menschen und der Säugethiere. Die Zartheit des Ganzen hindert es in den meisten Fällen, die Flimmerbewegung selbst zu verfolgen. Es gelingt fast immer nur, die Flimmerzellen mit ihren pallisadenartig neben einander gestellten und gestreckten Härchen zur Anschauung zu bringen. Haben sich fremdartige Flüssigkeiten in die Hirnhöhlen ergossen, so wird selbst diese unvollständige Beobachtung unmöglich.

Die Untersuchung von Früchten des Menschen und der Säugethiere 1969
führt häufiger zum Ziele. Die Flimmerbewegung wurde auch hier zuerst von Purkinje an Embryonen bemerkt. Sie erhält sich längere Zeit nach dem Tode, bewahrt oft noch ihre Lebhaftigkeit einen bis drei Tage nach dem Absterben der Frucht und scheint auch der Wirkung des Wassers mit größerer Hartnäckigkeit zu widerstehen.

1970 Bedient man sich der Embryonen der Wiederkäuer, so kann man noch die Ausdehnung der Flimmerbewegung ferner verfolgen. Das Vorderhorn des Seitenventrikels des großen Gehirns setzt sich in ihnen als eine verhältnißmäßig bedeutende Höhlung in den Geruchsnerven fort. Das Flimmerepithelium dringt hierbei auch in diesen ein. Die Adergeflechte tragen hier ebenfalls Flimmerhaare, die auf das Lebhafteste schwingen. Sie sitzen nicht, wie gewöhnlich, auf cylindrischen, sondern auf rundlichen Zellen. Diese sind oft so zart, daß sie unter Wasser auf der Stelle platzen. Jede Spur der früher vorhandenen Flimmerbewegung wird auf solche Weise beseitigt. Man bedient sich am Zweckmäßigsten noch warmer Embryonen und vermeidet jede fremdartige Anfeuchtung und alle störende Nebenhilfe künstlichen Druckes.

1971 Die Oberflächen des Thränensackes und des Thränenganges tragen ein feines Flimmerepithelium. Es fehlt nach Henle[1]) den Thränenröhrchen, kehrt dagegen nach ihm in der oberen und unteren Augenlidfalte und auf der Innenfläche der Augenlider bis zum Tarsalrande wieder.

1972 Der größte Theil der Schleimhaut der Nasenhöhle wird von einem Flimmerepithelium bekleidet. Henle betrachtete als ungefähre Grenze eine Linie, die man sich von dem vorderen freien Rande der Nasenbeine bis zum vorderen Nasenstachel des Oberkiefers gezogen denkt. Die Theile unter ihr tragen Pflaster- und die über ihr Flimmerzellen. Das flimmernde Epithelium überzieht dann die sämmtlichen Oberflächen der Scheidewand und der Seitenwände der Nasenhöhle. Es setzt sich dabei in den Thränengang und den Thränensack fort, dringt durch die Choanen nach dem oberen blindsackartigen Ende des Schlundes und reicht an der Hinterwand desselben bis zur Gegend des unteren Randes des ersten Halswirbels, vorn dagegen bis zur Hinterfläche der Wurzel des weichen Gaumens. Es begleitet endlich noch die Eustachische Trompete bis zu ihrer Verbindung mit der Paukenhöhle und überzieht die Nebenräume der Nase, die Stirn- und die Kieferhöhlen.

1973 Jeder Mensch kann noch seine eigene Flimmerbewegung der Nase nach einem von E. H. Weber zuerst angegebenen Verfahren untersuchen. Man kratzt etwas Schleim mit einem passend zugeschnittenen Federkiele in der Höhe der Nasenhöhle ab und bringt ihn mit Wasser unter das Mikroskop. Er enthält häufig Flimmerzellen, deren Haare mit großer Lebhaftigkeit schwingen.

1974 Die Flimmercylinder der Athmungswerkzeuge beginnen unter dem Kehldeckel und den Stimmbändern, oder auf diesen nach Henle in Neugeborenen. Sie setzen sich dann längs der Luftröhre und der Verzweigungen derselben bis zu den Lungenbläschen fort. Manche Forscher läugnen ihre Anwesenheit in den letzten Enden der Bronchialäste und schreiben diesen ein einfaches Pflasterepithelium zu.

1975 Man kann häufig in dem Frosche wahrnehmen, daß die Innenfläche der Kapseln, welche die Malpighischen Körper der Nieren umgeben, wie

[1]) J. Henle, Allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 246.

Bowmann[1]) zuerst gefunden hat, Flimmerbewegung besitzt. Verfertigt man sich einen feinen Schnitt mit dem Doppelmesser, so gelingt es hin und wieder, die Erscheinung ohne Weiteres zu bemerken. Sucht man sich die Anschauung mit Hilfe des Compressoriums zu verschaffen, so darf man nur sehr vorsichtig drücken. So leicht die Beobachtung in manchen Fröschen gelingt, so unmöglich wird es, sie in andern nachzuweisen. Ludwig[2]) giebt an, daß die Flimmerbewegung in Fröschen, die mehrere Monate im Winterschlafe gelegen, fehlte. Die Schleimhaut der Mundhöhle flimmert noch während der Kälteerstarrung der Frösche.

Hat man die Erscheinung in einer Reihe von Fröschen wahrgenom- 1976
men, so gelangt man zu der Vermuthung, daß die Ausdehnung, in der sie sich darstellt, wechselt. Sie geht oft um einen großen Theil der Kapsel herum und setzt sich sogar in den Anfang der Harncanälchen fort[3]), beschränkt sich aber auch bisweilen nach Bowmann und Kölliker[4]) auf die Einmündungsstelle des Harncanälchens in die Kapsel (vergl. Bd. I. §. 1555.). Man kann für jetzt nur behaupten, daß sich in Einzelfällen das Flimmerepithelium weiter, als nach den letzteren Angaben verbreitet. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob dann unglückliche Nebenverhältnisse nur unvollkommene Bilder liefern oder nicht.

Die Flimmerbewegung ist bis jetzt noch nicht in den Nieren des Menschen und der Säugethiere beobachtet worden. Die Aehnlichkeit des Baues führt aber zu der Vermuthung, daß sie auch hier vorhanden sei.

Die Wolff'schen Körper des Embryo erinnern in mancher Hinsicht an die Nieren der Fische und enthalten ebenfalls Malpighi'sche Gefäßknäuel. Remak[5]) u. Kölliker[6]) bemerkten, daß ein lebhaftes Flimmerepithelium in vielen Röhren dieser drüsigten Gebilde vorhanden ist. Man hat bis jetzt noch nicht nach ihm in Früchten warmblütiger Geschöpfe gesucht.

Die Flimmerbewegung der weiblichen Geschlechtswerkzeuge beginnt 1977
an den Gebärmutterlefzen, setzt sich längs der Oberfläche der Gebärmutter und der Eileiter fort und endigt an den Fransen der letzteren. Zwei Merkmahle zeichnen sie vorzugsweise aus. Sie fehlt in jungen Geschöpfen und schwindet in der Frau zur Zeit der Regeln und größtentheils auch während der Zeit der Schwangerschaft. Das Epithelium erscheint dann später von Neuem wieder.

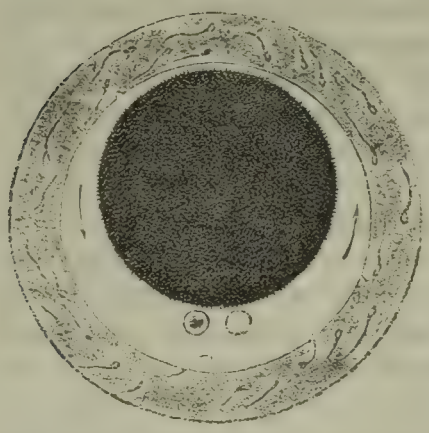
So leicht sich auch vermuthen ließe, daß der Samenleiter und selbst die Samenblase der höheren Geschöpfe flimmere, so ist doch bis jetzt noch keine Thatsache bekannt, welche diese Annahme zu stützen vermöchte.

Bischoff bemerkte, daß sich das auf einer früheren Stufe seiner 1978

[1]) Bowmann, in den Philosophical Transactions for the Year 1842. London, 1842. 8. Part. I. p. 57 fgg.
[2]) Ludwig, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1845. 8. S. 631. 32.
[3]) Repertorium. Bd. VIII. Bern, 1843. 8. S. 92. Gerlach, in Müller's Archiv. 1844. S. 385.
[4]) Kölliker, in Müller's Archiv. 1845. S. 518.
[5]) Remak, in Froriep's neuen Notizen. 1845. Nro. 768. S. 308. 309.
[6]) Kölliker, a. a. O. S. 519.

Entwickelung befindliche Kaninchenei mittelst seiner Flimmerhaare drehte.

Fig. 9.



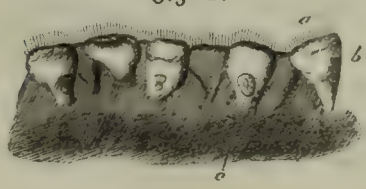
Es hatte die Fig. 9. gezeichnete Form. Die Keimscheibe war schon geschwunden. Eine helle durchsichtige Masse lag zwischen dem breiten durchsichtigen Ringe und dem mit feinen Flimmerhaaren besetzten Eie. Dieses wälzte sich fortwährend, wie es die Pfeile andeuten. Einzelne Samenfaden lagen noch an dem hellen Ringe. Zwei Kugelgebilde von ungleicher Größe fanden sich überdieß in der hellen durchsichtigen Masse.

Obgleich es bis jetzt nicht geglückt ist, diese Beobachtung an einem anderen Säugethiere und selbst an dem Kaninchen, wenn man einige Erfahrungen von Barry ausnimmt, zu wiederholen, so läßt sich doch voraussetzen, daß die Drehung allgemeiner vorkommt und selbst in dem Menschen, wenn auch nur für kurze Zeit, auftritt. Die gleiche Erscheinung kehrt auch in den meisten übrigen Thierklassen wieder. Die Flimmerzellen überziehen dann die ganze Oberfläche des Eies oder nur die Stellen, die sich vorzugsweise in den künftigen Embryo verwandeln.

Die Spuren von Flimmerbewegung, die Remak, Gerber und ich an den Nervenbündeln oder innerhalb der Begrenzungshaut der Nervenfasern beobachtet zu haben glaubten, gestatten noch keine sicheren Schlüsse, weil das Ganze an der Grenze der möglichen mikroskopischen Untersuchung liegt. Eben so wenig wollte es mir glücken, mir eine Anschauung von der von einzelnen Schriftstellern angegebenen Flimmerbewegung der Schleimhaut der dicken Gedärme der Haussäugethiere zu verschaffen.

1979 Schwingungen der Flimmerhaare. — Untersucht man den nach §. 1965. hergestellten Umschlagsrand einer Flimmerhaut, z. B. der Mundhöhlenschleimhaut des Frosches, so reicht schon eine Durchmesservergrößerung von 27 hin, die Strömung, die sich längs derselben mit scheinbar nicht unbedeutender Geschwindigkeit hinzieht, wahrzunehmen. Schweben kleine Körper im Wasser, so wird noch die Beobachtung durch die Ortsbewegung derselben erleichtert. Gebraucht man eine 250malige Vergrößerung, so bemerkt man einen wallenden hellen Streifen, in dem man nicht mehr die Flimmerhaare, wenn sie sich sehr lebhaft bewegen, erkennt. Dieser Umstand veranlaßte einzelne frühere Forscher, die Anwesenheit von Wimpern zu bezweifeln. Sie werden aber immer deutlich, so wie sich die Schwingungen verlangsamen. Sehr starke Vergrößerungen, die nur kurze Brennweiten haben, können sie schon während der größten Höhe ihrer Thätigkeit an einzelnen Stellen zur Anschauung bringen.

Fig. 10.



1980 Hört die Bewegung auf, so gewährt das Ganze das Bild Fig. 10. Die Flimmerhaare *a* stehen steif und pallisadenartig auf ihren mit Kernen *c* versehenen Epithelial-

cylindern *b*. Die tiefer liegenden Gewebe bleiben ihrer Undurchsichtigkeit wegen unkenntlich.

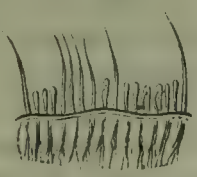
Schabt man die Oberfläche einer Flimmerhaut ab, so gelingt es nicht 1981
selten, vollständigere Anschauungen zu erhalten. Man findet bisweilen Gruppen von Flimmercylindern Fig. 11., die oben ihre schwingenden Härchen tragen, unten dagegen in neue Zellgebilde mit Kernen übergehen. Diese dienen wahrscheinlich zum Ersatz, wenn die älteren thätigen Flimmercylinder abgefallen sind.

Fig. 11.

Hat die Bewegung aufgehört, so gehen die 1982
Flimmerhaare leicht verloren. Eine Menge milchglasähnlicher Kugeln häuft sich bald an der freien Oberfläche an. Sie entstehen dadurch, daß das Wasser einzelne Kerne von veränderter Gestalt zur oberen Wand der Flimmercylinder heraustreibt.

Die Form und die Länge der Haare scheint es vorzugsweise zu be- 1983
stimmen, wie sie sich bei ihren Schwingungen verhalten. Sie biegen und strecken sich meist, wie ein Fingerglied. Diese Art von Thätigkeit kehrt in kürzeren, wie in längeren Haarformen wieder und bildet die Regel in dem Menschen und den höheren Wirbelthieren. Fig. 12. zeigt sie uns aus den Muschelkiemen, in denen sich die Haare durch ihre besondere Länge auszeichnen. Die Beobachtung gelingt daher hier am leichtesten.

Fig. 12.



Sehr dünne Haare können sich auch so drehen, daß sie eine Art von Trichter beschreiben. Die kreisförmige Grundfläche desselben wird von dem Umgange der Spitze erzeugt. Sind die Wimpern sehr lang, so können sie sich auch schlangenförmig biegen.

Die vereinzelten Zellen, welche der von einer Flimmerhaut abgekratzte 1984
Schleim enthält, bieten häufig die verschiedensten Zustände dar. Die Haare ruhen schon in vielen oder sind selbst theilweise abgefallen. Andere Zellen besitzen noch vollständige Wimperreihen, die ihre lebhafte Thätigkeit bewahrt haben. Nur ein Theil der Haare schwingt noch in manchen, während schon eine andere Reihe ruht. Man findet auch bisweilen, daß einzelne, wie es Fig. 12. andeutet, steif ausgestreckt liegen und unthätig sind, während sich ihre Nachbaren beugen und strecken. Die Masse der Haare sondert sich bisweilen in ein oder mehrere Büschel, von denen die einen ruhen und andere schwingen. Es kommt sogar vor, daß nur noch eine einzige Wimper in Thätigkeit bleibt. Wir sehen hieraus, daß jedes Haar in vollkommener Unabhängigkeit von den anderen zu arbeiten im Stande ist.

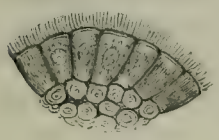
Dasselbe bestättigt sich, wenn man die Art der Schwingungen in Be- 1985
tracht zieht. Ist die Bewegung lebhaft, so beugen und strecken sich in der Regel die fortlaufenden Haarreihen gleichzeitig. Beginnt sie sich dagegen zu verlangsamen, so bemerkt man häufig, wie ein Haar in demselben Au-

genblicke eine andere Bewegung als sein Nachbar vornimmt. Die Unordnung geht so dem völligen Stillstande voran.

1986 Man hat bis jetzt nicht beobachtet, daß sich Haare, die sich von ihren Flimmerzellen losgestreift hatten, selbstständig bewegten. Die Mechanik aber, durch welche sie bei ihrer natürlichen Befestigung in Schwingung gerathen, ist ebenfalls noch nicht mit Sicherheit ermittelt. Die Flimmerzellen selbst ziehen sich während der Bewegung ihres Haarbesatzes nicht zusammen.

1987 Stehen die Flimmerhaare auf runden Zellen, so bildet die Oberfläche des Ganzen eine Reihe kugeliger Massen, auf denen die meist feinen Wimpern spielen. Sind sie dagegen, was häufiger vorkommt, auf Epithelialcylindern befestigt, so haften sie an der ebeneren freien Seite von diesen. Es kommt dagegen hier sehr oft vor, daß sich eine Gruppe von ihnen hügelartig, wie es Fig. 13. aus der Luftröhre des Kaninchens zeigt, erhebt. Diese Stellung verräth sich auch schon häufig, wenn man nur die Flimmerfläche von der Vogelperspective aus untersucht.

Fig. 13.

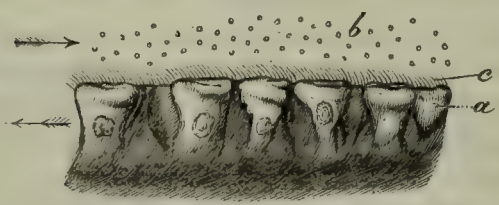


1988 Betrachtet man den Umschlagsrand einer Flimmerhaut, so findet man, daß die Härchen der gleichen Reihe nach derselben Seite hin zu schwingen pflegen. Die Flächenansicht liefert schon verwickeltere Bilder, weil hier die mannigfachen Elemente der Hügelreihen und einzelne rückläufige Bewegungen die Einfachheit der Verhältnisse trüben. Da es bis jetzt noch nicht möglich geworden ist, die Wellen, die hier erzeugt werden, mit genügender physikalischer Schärfe zu verfolgen, so müssen wir uns auf die Beschreibung dessen, was die unmittelbare mikroskopische Anschauung lehrt, beschränken.

1989 Untersuchungen der Art werden um Vieles erleichtert, wenn das Wasser, das die Flimmerhaut umgiebt, leicht kenntliche Festgebilde enthält. Blut- und Lymphkörperchen, Pigmentmolecüle, zerriebene Sepia, die mikroskopischen Krystalle der Kalksäckchen der Frösche (§. 1937.), die feinsten Elemente des Dotters und die kleinsten Theilchen von Tinte eigenen sich hierzu am besten.

1990 Haben wir ein umgelegtes und nicht zu großes Stückchen der Mundschleimhaut des Frosches vor uns, so fallen zunächst zweierlei Bewegungen in die Augen. Da die Schleimhaut leicht und glatt ist und viele Flimmercylinder, *a*, Fig. 14., trägt, so rückt sie selbst in einer bestimmten Richtung, so wie es z. B. der untere Pfeil (Fig. 14.) andeutet, nach und nach weiter. Die kleinen Theile *b* dagegen, die in der umgebenden Flüssigkeit enthalten sind, gehen, wie der obere Pfeil zeigt, in entgegengesetzter Bahn fort. Sie bewegen sich rascher, als das Flimmerstück-

Fig. 14.



chen. Setzt man aber die Beobachtung fort, so entweicht nach einiger Zeit die Flimmerhaut aus dem Gesichtsfelde. Die Härchen *c* neigen sich häufig nach der der Ortsveränderung der Molecüle *b* entgegengesetzten Richtung.

Ein so einfaches Bild, wie es Fig. 14. darstellt, zeigt sich am häu- 1991
figsten, wenn die Flimmerbewegung nur an dem umgeschlagenen Rande thätig sein kann, auf der übrigen Fläche dagegen durch die Bedeckungsplatte in ihrer Wirkung gehindert wird. Kann auch sie frei spielen oder erhebt sich der Randtheil in verhältnißmäßig bedeutende Hügelmassen, so ändern sich auch die Stromverhältnisse.

Haben wir einen steilen oder ausgedehnten Epithelialhügel vor uns, 1992
so gleiten bisweilen die Körperchen in Wellenthälern *acb* (Fig. 15.) und auf Wellenbergen *b d e f* dahin. Sie wechseln jedoch hierbei ihren Ort mit größerer oder geringerer Schnelligkeit. Wird dagegen die Flüssigkeit

Fig. 15.

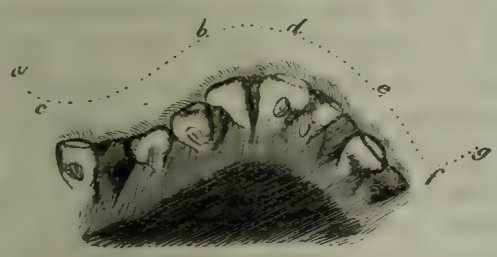


Fig. 16.

von einer Reihe von verschiedenartigen Stößen beherrscht, so erzeugen sich einzelne Kreiswellen und Strudel, wie es die Pfeile in Fig. 16. andeuten. Die Theilchen, die in dem Wasser schwimmen, schießen daher nur ausnahmsweise in längeren geradlinigten Bahnen dahin. Sie bilden vielmehr häufig Krümmungen, kommen der Flimmerhaut näher und entfernen sich dann wieder von ihr. Diese Erscheinung verleitete manche früheren Forscher zu der Annahme, daß hier eigenthümliche Verhältnisse der Anziehung und der Abstoßung eingreifen. Fernere Untersuchungen über die Mechanik der Flimmerbewegung haben diese Vorstellung beseitigt.

Richtung der Flimmerbewegung. — Gehen auch untergeord- 1993
nete Verschiedenheiten aus den eben erläuterten Verhältnissen hervor, so hat doch meist die Strömung, die wir an dem umgeschlagenen Rande einer Flimmerhaut wahrnehmen, eine beständige Hauptrichtung. Betrachtet man aber eine flimmernde Oberfläche von der Vogelperspective aus, so ist es oft unmöglich, eine einseitige Bahn des Stromes aufzufinden. Es kann selbst in solchen Fällen vorkommen, daß man verschiedene Richtungen zu finden glaubt, je nachdem der umgeschlagene Rand oder der feine Durchschnitt der Längen- oder der Querachse der Flimmerhaut entspricht. Man darf aber in allen Fällen nicht vergessen, daß das zusammengesetzte Mikroskop die Bilder umkehrt und daß man daher auch die wahrgenommene Strömung in die entgegengesetzte verwandeln muß, um ein richtiges Urtheil zu gewinnen.

Purkinje und ich fanden, daß der Strom an den Muschelbeinen 1994

des Kaninchens von hinten nach vorn, in der Kieferhöhle desselben Thieres nach der Ausmündung hin und in den Athmungswerkzeugen der Henne von dem Kehlkopfe nach den Lungen verlief. Sharpey giebt an, daß die Bewegung in einem jungen Hunde von den Luftröhrenverzweigungen nach dem Kehlkopfe gerichtet war. Purkinje, ich und Bischoff[1]) kamen zu dem übereinstimmenden Ergebniß, daß sie in den weiblichen Geschlechtswerkzeugen der Vögel von den Eileitern nach dem Gebärmuttermunde geht.

Die Muschelkiemen zeigen bisweilen einen eigenthümlichen Wechsel. Man findet hier, daß eine Reihe von Härchen, die einer größeren Zahl von Flimmerzellen angehört, gleichförmig nach rechts schwingt, sich dann, wie eine Reihe Soldaten, plötzlich nach der anderen Seite wendet und sich nun nach links hin bewegt. Hat dieses eine Zeitlang gedauert, so greift ein neuer Wechsel ein, um wieder die Arbeit nach rechts zu richten. Die Flimmerbewegung der Ascidienkiemen hört nach Joh. Müller[2]) für einige Zeit auf und beginnt dann später von Neuem. Es ist noch nicht bekannt, ob solche Wechselerscheinungen in höheren Geschöpfen vorkommen oder nicht.

1995 Geschwindigkeitsverhältnisse der Flimmerbewegung. — Man hat hier zweierlei Werthe zu betrachten. Man muß zu bestimmen suchen, mit welcher Schnelligkeit die Massen, die von einer Flimmerhaut fortgetrieben werden, ihren Ort verändern und wie oft die Flimmerhaare ihre Stellung innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit wechseln.

1996 Da die Untersuchung der Flimmerbewegung ziemlich starke Vergrößerungen in Anspruch nimmt, so glaubt man leicht auf den ersten Blick, daß sie, wenn sie mit gehöriger Lebhaftigkeit arbeitet, die benachbarte Flüssigkeit und deren Gemengtheile mit großer Geschwindigkeit weiter führt. Dieser Eindruck schwächt sich nur, wenn die Härchen ihre Kraft verlieren und sich zum Stillstande vorbereiten.

1997 Bedenken wir aber, daß sich die scheinbare Schnelligkeit einer unter dem Mikroskope wahrgenommenen Bewegung um so viel, als die Durchmesservergrößerung beträgt, verkleinert (Bd. I. §. 1092.), so ergiebt sich von selbst, daß jene unmittelbare Anschauung im hohen Grade täuschen muß. Rückt ein leichtes Stück einer Flimmerhaut mittelst der Bewegung seiner Härchen von selbst fort, so scheint es binnen Kurzem dem Gesichtsfelde des Mikroskops zu entfliehen. Das freie Auge ist fast nie im Stande, seine Bewegung sogleich zu bemerken.

1998 Die Bemühungen, den wahren Geschwindigkeitswerth durch Zeit- und Raummessungen zu bestimmen, scheitern hier häufig an unüberwindlichen Schwierigkeiten. Körperchen, die in dem umgebenden Wasser schweben, können allein den Maaßstab liefern. Ist die Oberfläche der Flimmerhaut mit einer starken Schleimschicht bedeckt, so verhalten sie sich ruhiger, als wenn die Flimmerhaare unmittelbar auf das Befeuchtungswasser wirken. Beobachtet man z. B. unter einer Vergrößerung von 175 im Durchmesser, so kann man nicht selten bemerken, daß Pigmenttheilchen,

---

[1]) Th. C. W. Bischoff, Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8. S. 24. 25.

[2]) Joh. Müller, in seinem Archiv. 1845. S. 519.

die scheinbar ein halbes und daher wahrhaft $^1/_{350}$ Millimeter entfernt liegen, ruhen, während man noch den wallenden Flimmerrand mit Deutlichkeit erkennt.

Läßt man auch den Widerstand, den die Schwere und die anderen 1999
Eigenschaften der kleinen, dem Wasser beigemengten Theile bereiten, außer Acht, so nimmt die Geschwindigkeit ihrer Bewegung mit der Entfernung von dem Flimmersaume ab. Man muß daher nur die, die ganz in dessen Nähe dahineilen, in Betracht ziehen. Verlaufen sie in Bogenlinien, oder gerathen sie in Strudel, so eignen sie sich wiederum nicht zu irgend zuverlässigen Raummessungen. Es kehren daher hier dieselben Schwierigkeiten, wie bei den Geschwindigkeitsbestimmungen der Brown'schen Molecularbewegung (§. §. 1950. 1951.) wieder.

Eine frühere Untersuchungsreihe [1]) ergab mir, daß Blutkörperchen, 2000
Lymphkörperchen und Theile des schwarzen Augenpigmentes längs der flimmernden Mundschleimhaut unmittelbar vorher enthaupteter Frösche mit einer Secundengeschwindigkeit von 0,075 bis 0,225 Millimeter fortgingen. Der Mittelwerth glich 0,122 Millimeter. Da die Grundzahlen für kürzere geradere Wege gefunden wurden, so konnten hierbei nicht die krummlinigten Bahnen und die Strudelhindernisse in Betracht kommen.

Erfahrungen, die ich später machte, führten mich zu ähnlichen Ergebnissen. Die Körperchen durchliefen eine Länge von $^1/_{10}$ Millimeter in $^1/_{93}$ bis $^1/_{65}$ und im Durchschnitt in $^1/_{70}$ Minute. Die Secundengeschwindigkeit glich hiernach 0,108 bis 0,155 und im Mittel 0,117 Millimeter.

Nehmen wir 0,120 oder $^1/_8$ Millimeter als Durchschnittzahl an, so 2001
würde die Flimmerbewegung ein Pigmentmolecül 30 Mal so schnell forttreiben, als dieses durch Brown'sche Molecularbewegung weiter geht (§. 1952.). Die Blutkörperchen strömten aber im Allgemeinen in den Haargefäßen des Froschfußes (Bd. I. §. 1093.) 4 bis 5 mal so schnell, als sie durch die lebhafte Flimmerbewegung der Mundhaut fortkämen.

Zählt man die Biegungen und Streckungen, die eine Reihe von Flim- 2002
merhaaren in der Minute macht, so verfährt man wiederum am Sichersten, wenn man nur den Zustand der größten Thätigkeit berücksichtigt. Nähert sich die Bewegung ihrem Stillstande, so vermindert sich auch die Zahl der Schwingungen in auffallender Weise. Die Härchen gehen endlich zuletzt nur langsam auf und ab oder ruhen selbst eine Zeitlang, um später noch eine oder mehrere kraftlose Bewegungen vorzunehmen. Die Dichtigkeit des Mittels, in dem sie sich befinden, übt dann oft einen bedeutenden Einfluß aus. Der zähere Schleim bereitet einen größeren Widerstand, als bloßes Wasser.

Krause [2]) giebt an, daß die Härchen ihre Schwingungen 190 bis 2003
320 Mal in der Minute widerholen. Eine Bewegung würde hiernach $^1/_3$ bis $^1/_5$ Secunde in Anspruch nehmen. Die Beobachtungen, die ich zu ver-

[1]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. Seite 506.

[2]) C. F. Th. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Auflage. Bd. I. Hannover, 1842. 8. S. 130.

schiedenen Zeiten an den Kiemen der Muscheln, der Mundhaut und den Lungen der Frösche anstellte, führten mich zu etwas größeren Werthen. War die Bewegung sehr lebhaft, so erforderte ungefähr im Durchschnitt eine Schwingung eine halbe Secunde. Bereitete sie sich dagegen zum Stillstande vor, so stieg die Dauer auf $^5/_8$ bis $^4/_5$ Secunde. Das Mittel aus vier Beobachtungen glich $^7/_{10}$ Secunden.

Stellen wir die Ergebnisse, zu denen ich kam, übersichtlich zusammen, so erhalten wir:

Theil.	Zustand der Flimmerbewegung.	Zahl der Schwingungen in der Minute.			Zahl der Beobachtungen.	Dauer einer Schwingung in Secunden.		
		Maximum.	Minimum.	Mittel.		Maximum.	Minimum.	Mittel.
Muschelkiemen	Lebhaft	100	150	125	—	0,6	0,4	0,48
Mundhaut des Frosches	Lebhaft	96	152	130,2	10	0,625	0,395	0,46
Lungen des Frosches	Einige Zeit später stillstehend	77	96	85,75	4	0,78	0,63	0,70

Das Thier, dessen Lungen zur Untersuchung dienten, war 28 Stunden vorher enthauptet worden.

2004 Zeichnet sich auch die Flimmerbewegung weder durch die Geschwindigkeit, mit der sie Nachbarmassen fortführt, noch durch die Schnelligkeit der Schwingungen oder Härchen aus, so besitzt sie doch wahrscheinlich verhältnißmäßig bedeutende mechanische Kräfte. Hat man ein umgeschlagenes Stück der Mundhaut des Frosches zwischen zwei Glasplatten eingeklemmt, so daß ein großer Theil der Flimmerhaare durch den Druck unthätig geworden ist, so rückt doch nichts desto weniger das Ganze weiter und befreit sich endlich aus seiner engen Spalte. Eine Masse kleiner Wirkungen, von denen jede einzelne von einem schwachen Härchen abhängt, häuft sich wahrscheinlich durch die tausendfache Zahl dieser Gebilde zu verhältnißmäßig bedeutenden Kraftäußerungen.

2005 Unabhängigkeit der Flimmerbewegung. — Wir haben schon früher (§. 1984.) gesehen, daß jedes Haar für sich zu schwingen im Stande ist. Die Unabhängigkeit der Bewegung verräth sich aber noch in vielen anderen Erscheinungen. Man kann sogar annehmen, daß nur Einflüsse, die den Bau der Härchen durchgreifend verletzen, die Bewegung derselben aufheben.

2006 Da die Schwingungen an losgeschnittenen Flimmerhäuten und selbst an getrennten Flimmerzellen fortdauern, so ergiebt sich von selbst, daß weder der Kreislauf, noch der Einfluß des Nervensystems für den Unterhalt der Bewegung nothwendig ist. Diese Unabhängigkeit von den beiden allgemeineren Hauptwirkungen des thierischen Körpers beschränkt sich aber nicht auf die augenblicklich thätigen Einflüsse, sondern beherrscht das Ganze der Erscheinung.

Zerstört man das Gehirn und das Rückenmark eines Frosches mit 2007
einem glühenden Drathe, entfernt das Herz und läßt das Thier mit geschlossenem Munde liegen, so kann die Flimmerbewegung der Mundhaut ihre ursprüngliche Lebhaftigkeit ein bis zwei Tage lang darbieten. Ich machte diese Erfahrung zur heißesten Sommerzeit an Froschleichnamen, deren Schenkel bis auf die Knochen eingetrocknet waren. Bewahrt man ein Stück der Mundhaut des Frosches zwischen zwei Glasplatten unter Wasser auf, so sieht man oft noch die Flimmerbewegung am folgenden Tage.

Es hängt hiermit zusammen, daß sie sich am längsten von allen Le- 2008
benserscheinungen nach dem Tode zu erhalten vermag. Erwachsene warmblütige Geschöpfe führen hier häufig zu minder günstigen Erfahrungen, als kaltblütige Thiere. Die später zu erwähnenden Einflüsse der Kälte bedingen wahrscheinlich diesen Unterschied. Früchte von Säugethieren liefern aber auch häufig bessere Ergebnisse.

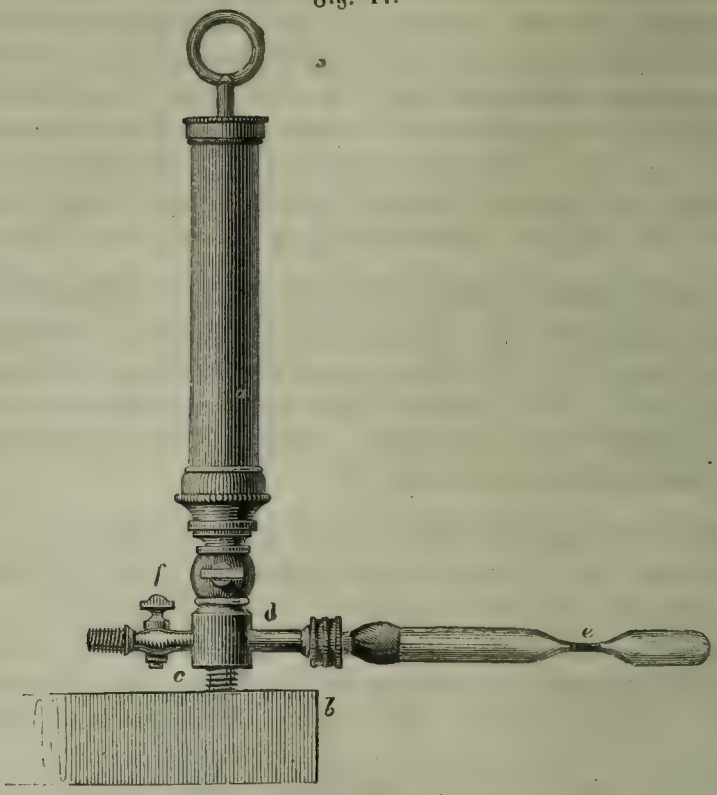
Oeffnet man erst den Schädel eines Wiederkäuerembryo ein bis drei 2009
Tage nach dem Tode, so findet man oft noch die lebhafteste Flimmerbewegung an den Wänden der Hirnhöhlen. Frösche bewahren sie nicht selten fünf Tage lang nach ihrem Lebensende. Purkinje und ich bemerkten noch die Schwingungen der Härchen der Mundhaut einer Schildkröte neun Tage nach der Enthauptung. Sie erhielten sich sogar in den Lungen 13 und in der Speiseröhre 15 Tage. Die Vertrocknung oder die durch die Fäulniß bedingte Auflösung der Theile hatten wahrscheinlich allein die Flimmerbewegung zuletzt aufgehoben.

Ihre Thätigkeit kann durch das Mittel, in dem sich die Flimmerhaut 2010
befindet, erhalten oder vernichtet werden. Blut und Blutserum bewahren sie länger als Wasser. Man kann auf diese Weise die Schwingungen warmblütiger Geschöpfe mehr als 24 Stunden nach dem Tode fortdauern lassen.

*Einfluß der äußeren Verhältnisse auf die Flimmerbe- 2011
wegung. — Ein bedeutender Wechsel des Luftdruckes hebt die Flimmerbewegung der Mundhaut des Frosches nicht auf. Es versteht sich aber von selbst, daß nicht gleichzeitig das Epithelium eintrocknen darf. Die Härchen schwingen eben so gut in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, als in einer wasserärmeren Luftart fort.

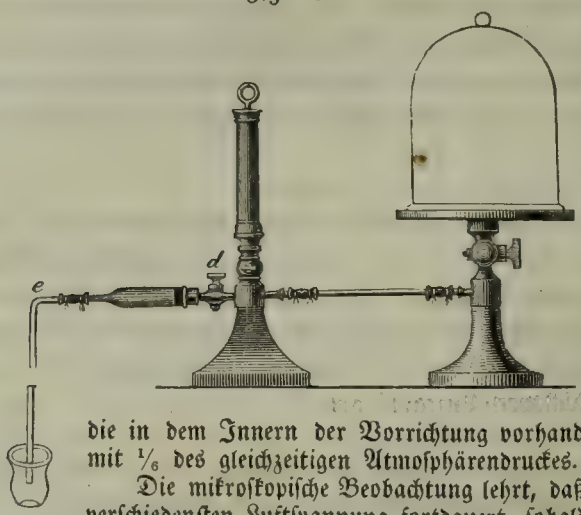
Eine Gay-Lussac'sche Handluftpumpe kann am einfachsten dienen, um die zu solchen Versuchen nöthigen Druckveränderungen einzuleiten. Man schraubt sie *a*, Fig. 17., mittelst *c* in einen Klotz *b*, der sich nicht trotz heftiger Erschütterungen verrückt, und vereinigt die Beobachtungsröhre mit dem Armstücke *d* durch eine Gummiröhre oder durch den Bd. I. Seite 550. beschriebenen Kitt. Die Stelle *e* ist auf der Glühlampe ausgezogen und so platt und eben als möglich gemacht worden. Sie erhält die Flimmerhaut, deren umgeschlagener Rand in den Brennpunkt des Mikroskopes gestellt wird. Arbeitet man in einfacher Weise, so wie es die Figur darstellt, so bleibt der Hahn *f* während des ganzen Versuchs geschlossen. Will man aber gleichzeitig eine Barometerprobe anbringen, um sich über den Grad der Verdünnung zu belehren, so kommt noch ein neuer Theil,

Fig. 17.



den uns Fig. 18. darstellt, hinzu. Eine passend gebogene Glasröhre *e*, deren senkrecht absteigender Theil 70 bis 80 Centimeter mißt und deren Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß taucht, wird an das Seitenstück der Luftpumpe, das neben *d* liegt, befestigt. Der Hahn *d* selbst bleibt, bis man einen gewissen Grad der Luftverdünnung erreicht hat, geschlossen. Oeffnet man ihn, so steigt das Quecksilber in *e* zu einer entsprechenden Höhe empor. Nehmen wir z. B. an, diese betrage 60 Centimeter, während der gleichzeitige Barometerstand 72 ist, so wirkt die Spannung, die in dem Innern der Vorrichtung vorhanden ist, mit 12 Centimeter oder mit $\frac{1}{6}$ des gleichzeitigen Atmosphärendruckes. (Vgl. auch §. 2231.)

Fig. 18.



Die mikroskopische Beobachtung lehrt, daß die Flimmerbewegung unter der verschiedensten Luftspannung fortdauert, sobald nicht die Theile durch die Abgabe von Wasserdämpfen vertrocknet sind. Eine vollkommene Luftleere läßt sich nie in einer so dünnen Röhre, wie *e*, Fig. 17., ist, erreichen. Man erlangt sie selbst nicht ganz, wenn man sich des §. 2231. beschriebenen und abgebildeten, mit Schlußhähnen versehenen Glaskastens bedient.

Will man eine sehr bedeutende Luftverdünnung ohne den Gebrauch einer Luftpumpe erhalten, so kann man sich auch einer einfacheren, dem Barometer nachgebildeten Vorrichtung bedienen. Man biegt eine ungefähr 92 Centimeter lange

Fig. 19.

Glasröhre an einem Ende *a* heberartig um, zieht sie in *b* in eine feine zugeschmolzene Spitze aus, füllt sie mit ausgekochtem Queckſilber und ſucht die an den Wänden anhaftenden Luftbläschen durch Klopfen und durch das Kochen des Metalls zu entfernen. Iſt dieſes geſchehen, ſo führt man Stückchen der Flimmerhaut mittelſt eines Drathes ſo ein, daß ſie bei *c* zwiſchen dem Queckſilber und der Glaswand zu liegen kommen und an dieſer kleben bleiben. Man muß ſie hierbei mit ihren flimmernden Flächen zuſammenlegen. Geſchieht dieſes nicht, ſo werden die feinen Härchen ſchon bei dem Einführen abgeſtreift und die Flimmerbewegungen aufgehoben.

Man ſchließt das obere Ende *d* luftdicht. Ein kleiner, mit Schmirgel abgeriebener paſſender Bleizapfen, der durch Kitt vervollſtändigt wird, dient hierzu am beſten. Die Röhre wird dann ſenkrecht auf eine Schüſſel geſtellt und die zugeſchmolzene Spitze *b* abgekneipt. Ein Theil des Queckſilbers ſtürzt in einem Strahle hervor. Die Säule bleibt aber bald bei *e* ſtehen. Mißt man die Höhe von *e* bis *a* und von *b* bis *a*, ſo giebt der Unterſchied beider Größen den Druck, den die *ed* enthaltene mit Waſſerdünſten verſehene Luft ausübt. Kennt man den Barometerſtand der äußeren Atmoſphäre, ſo hat man ein Maaß der geſuchten Spannung.

Ich ſtellte z. B. zwei Verſuche der Art bei 725 Millimeter Barometer an. *e* erhob ſich das eine Mal um 705 und das andere Mal um 706 Millimeter über *b*. Die Spannung glich daher in *de* 20 bis 19 Millimeter oder $\frac{1}{36}$ bis $\frac{1}{37}$ des gleichzeitigen Atmoſphärendruckes.

Die Flimmerhäute, die aus der Mundhöhle und den Lungen des Froſches ſtammten, hatten in dem erſten Verſuche 5 und in dem zweiten 15 Minuten in *de* verweilt. Die Thätigkeit ihrer Haare dauerte ungeſtört fort.

2012 Das Licht ſcheint keinen weſentlichen Einfluß auf die Schwingungen der Härchen auszuüben. Die meiſten Flimmerepithelien befinden ſich im Leben in dunkelen Räumen. Sie ſetzen ihre Thätigkeit bei der Unterſuchung im Hellen fort. Man bemerkt auch keinen Unterſchied, wenn man ſie bei ſchwachem oder ſtarkem Tageslicht oder ſelbſt im Sonnenlichte beobachtet. Erwärmt ſich dagegen hierdurch das Ganze, ſo kann ſich die Bewegung, wenn ſie ſchon langſamer geworden iſt, von Neuem beſchleunigen.

2013 Ein ſtarker Temperaturwechſel wird eher ſtörend eingreifen. Setzt man eine Flimmerhaut höheren Hitzegraden aus, ſo ſteht die Bewegung ſtill, weil die Epithelialzellen vertrockenen oder ſich ſelbſt verkohlen. Die Härchen fallen leicht ab, ſobald ſie ſich in Waſſer, das ſelbſt noch lange nicht kocht, befinden. Die Einflüſſe, die es ausübt, hängen übrigens von der Zeit, die ſich die Flimmerhäute in ihm aufhalten, in hohem Grade ab. Purkinje und ich fanden, daß die der Säugethiere und Vögel einen Augenblick ohne Nachtheil in Waſſer von 81° C. untergetaucht werden konnten. Verweilten ſie in ihm längere Zeit, ſo gingen die Haare zu Grunde. Ließen wir Kiemenſtücke von Muſcheln eine halbe bis zwei Minuten in Waſſer von 41 bis 44° C. liegen, ſo litt hierdurch die Flimmerbewegung keinen Schaden.

2014 Die Wirkung der Kälte ſcheint in merklichem Grade von der Beſchaffenheit der Flimmerhaut abzuhängen. Die Härchen der Säugethiere ſind in dieſer Hinſicht im Allgemeinen empfindlicher, als die der Fröſche. Man kann oft genug die Erfahrung machen, daß die Flimmerbewegung in der Luftröhre der Hausſäugethiere innerhalb kurzer

Zeit in der Winterkälte aufhört. Die der Luftröhre des Kaninchens stand in den Versuchen von Purkinje und mir bei + 6° C. still. Die Flimmerhäute der Geschlechtswerkzeuge scheinen in vielen Säugethieren empfindlicher, als die der Luftröhre zu sein. Dieser Unterschied giebt sich auch in dem Frosche deutlich zu erkennen. Die Härchen ruhen fast immer in dem Eileiter viel früher, als in der Mundhöhle (§. 1964.). Die Lungen befinden sich häufig in dieser Hinsicht in der Mitte. Sie bewahren jedoch auch oft genug ihre Schwingungen mit verhältnißmäßig größerer Hartnäckigkeit.

2015 Leiteten Purkinje und ich einen starken elektrischen Schlag durch die Kiemen einer Muschel, so dauerte die Flimmerbewegung ungestört fort. Der Galvanismus wirkt auch nur dadurch, daß er chemische Zersetzungen hervorruft und so Verbindungen, welche die Flimmerhaare chemisch angreifen, erzeugt. Purkinje und ich legten die Dräthe einer galvanischen Säule an flimmernde Häute, z. B. an die Luftsäcke der Vögel. Die Bewegung hörte im Anfange nur an den Berührungsstellen der Dräthe auf, und dauerte in den Zwischenräumen ungehindert fort. Die Zerstörung griff erst später weiter um sich. Der galvanische Strom hatte aber indeß stärker chemisch gewirkt, mehr Säuren und Alkalien aus organischen Verbindungen der Flimmerhaut frei gemacht und dem Befeuchtungswasser mitgetheilt.

2016 Wir werden später sehen (§. 2202.), daß die quergestreiften Muskelfasern in anhaltende Starrkrämpfe verfallen, so wie man sie mit einer galvanischen Kette, die sich rasch öffnet und schließt oder mit einem Magnetelektromotor (Bd. I. §. 363.) in Verbindung bringt. Die Flimmerbewegung der Mundhaut des Frosches zeigt diese Erscheinung nicht. Befestigte ich die Leitungsdräthe in Löchern des Glastisches des Mikroskopes, befeuchtete die Schleimhaut mit lauem Wasser und führte den Strom so, daß sein kürzester Weg durch die Flimmerhaut ging, so schwangen die Härchen ungestört fort. Sie erstarrten nicht, um sich später von Neuem zu bewegen. Sie blieben dabei länger als zehn Minuten dem Strome ausgesetzt. Der Hammer des Magnetelektromotors machte in dieser Zeit mehr als 500 Schläge. Der Starrkrampf schien dagegen die Nachbargebilde zu ergreifen. Denn die Hügel traten an einzelnen Stellen schärfer hervor. Setzt man einen losgeschnittenen Froschkopf der Wirkung des Magnetelektromotors ½ Stunde lang aus, so findet man später die Flimmerbewegung der Mundschleimhaut unverändert.

2017 Legt man einen noch so starken Magneten an eine Flimmerhaut, so stellt sich keine Veränderung die Bewegung ein.

2018 Die Flimmerbewegung erhält sich nach Sharpey in Wasser, das ausgekocht oder mit Kohlensäure geschwängert worden ist. Hat es dagegen viel Schwefelwasserstoff aufgenommen, so hört bisweilen die Schwingung der Härchen nach den Erfahrungen von Matteucci und mir binnen Kurzem auf.

2019 Verdünnte Säuren, Alkalien und Salze vernichten nur dann die Bewegung, wenn sie ätzend wirken können. Dasselbe gilt auch von den organischen Verbindungen. Es erklärt sich hieraus, weshalb keiner der bald zu erwähnenden, von Purkinje und mir geprüften Körper in 100000facher Wasserverdünnung schädlich wirkte.

Dienten die Muschelkiemen zu unseren vergleichenden Beobachtungen, so 2020
ergab sich, daß Essigsäure, kaustisches Ammoniak und Chlorspießglanz in 10000facher, Salzsäure, Salpetersäure, salpetersaueres Silberoxyd und Brechweinstein in 1000facher, verdünnte Schwefelsäure der preußischen Pharmacopö, Benzoesäure, Kleesäure, Holzessigsäure, Schwefeläther, schwefelsaueres Eisenoxyd, doppeltkohlensaueres Kali, Jodkalium, weinsaueres Kali und schwefelsaueres Zinkoxyd in 100facher, endlich Weingeist, Kalialaun, schwefelsaueres Kali, Bromkalium, Cyankalium, Kochsalz, Salmiak, Kalkwasser, Chlorbaryt, essigsaueres Bleioxyd, Kirschlorbeerwasser, Camphormixtur und empyreumatisches Oel in 10facher Verdünnung die Flimmerbewegung aufhoben. Die Zeiten, innerhalb deren dieser Erfolg eintrat, wechselten aber in den verschiedenen Versuchen. Einige Körper, wie Kreosotwasser, Lösungen von schwefelsauerem Chinin und salzsauerem Veratrin und der Aufguß von Radix Pyrethri störten sie nur dann, wenn sie möglichst wenig verdünnt waren.

Frisch bereitete concentrirte Blausäure, möglichst starke Lösungen von 2021
Aloe- oder Tollkirschenextract, das Wasserextract des Opium, Auflösungen von essigsauerem Morphin, Strychnin und Salicin, Moschus, Catechu, die Wasserabkochung von Capsicum annuum und Mimosenschleim hatten keinen sichtlichen Erfolg. Sharpey fand, daß Blausäure und salzsaueres Morphin die Bewegung hemmten. Ich wiederholte deshalb die Untersuchungen mit möglichst starker in Wasser gelöster Blausäure, die wenige Stunden vorher bereitet und indeß vor dem Lichte geschützt in Schnee aufbewahrt worden war.

Ließ ich in ihr den Unterkiefer eines Frosches 50 Minuten lang bei 10° C. der Luft liegen, so hatte die Flimmerbewegung ihre ursprüngliche Lebhaftigkeit beibehalten. Die Blausäure hatte freien Zutritt zu allen untersuchten Theilen. Sie war auch nicht durch Zersetzung unwirksam geworden. Denn sie wirkte noch, wie wir später (§. 2056.) sehen werden, auf die Samenfäden, die in ihr gleichzeitig aufbewahrt waren. Faltete ich ein Stückchen Schleimhaut des Oberkiefers und befeuchtete es mit derselben Blausäure, so schwangen noch die Härchen 18 Minuten später rasch und regelmäßig. Ich bemerkte keine dichte Schleimhülle, die den Flimmerrand umgeben hätte, in beiden Fällen.

Man erhält jedoch nicht immer so entscheidende Ergebnisse. Da man die Blausäure so kalt als möglich anwenden muß, so suchte ich die Wirkungen der Kälte von denen des Giftes zu sondern. Ich stellte daher zwei Schaalen, von denen die eine Blausäure und die andere bloßes Wasser enthielt, in einem Raume, dessen Luft 10° C. hatte, auf und legte Schleimhautstückchen desselben Froschkopfes in beide Gefäße. Es kam mir hier vor, daß die Härchen, die in Blausäure verweilt hatten, stillstanden oder unregelmäßiger schwangen, wenn sich noch die, die in reinem Wasser aufbewahrt worden, lebhaft bewegten. Da man ähnliche Erfahrungen mit bloßem kalten Wasser machen kann und die mechanische Behandlung, der Druck des Deckplättchens und ähnliche Nebenverhältnisse die Flimmerbewegung häufig genug aufheben, so muß vorläufig die Deutung dieser schwankenden Ergebnisse dahingestellt bleiben.

2022 Legte ich die eine Hälfte der Gaumenhaut eines unmittelbar vorher enthaupteten Frosches in destillirtes Wasser und die andere in eine ungefähr gleich kalte Lösung von salzsauerem Morphin, in der 60 Theile Wasser auf einen Theil des Salzes kamen, so hatten die in dieser befindlichen Flimmerzellen ihre Bewegung 10 Minuten bis ¼ Stunde unversehrt beibehalten. Sie war nach 20 Minuten geschwächt. Allein während hier noch die Härchen schwangen, standen die, die sich gleich lange in destillirtem Wasser aufgehalten hatten, still. Der größte Theil von ihnen war sogar schon abgefallen. Man sieht hieraus, daß nur vergleichende Versuche entscheiden können, ob man hemmende Wirkungen, die sich nicht auf der Stelle kund geben, dem Einflusse betäubender Gifte zuzuschreiben im Stande ist.

2023 Der Speichel und nicht selten auch der Harn können ohne Schaden mit Flimmerhäuten in Berührung kommen. Die Galle hemmt dagegen in der Regel die Bewegung in höheren warmblütigen Geschöpfen mit vieler Kraft. Blut erhält sie dafür längere Zeit (§. 2010.).

2024 Wechsel der Flimmerepithelien. — Man trifft sie unter regelrechten Verhältnissen in der Nase, der Luftröhre und den Lungen zu allen Lebenszeiten an. Embryonen, deren Körperlänge nur wenige Zoll beträgt, bieten schon hier die Erscheinung dar. Die weiblichen Geschlechtstheile dagegen flimmern noch nicht in Neugeborenen und in jungen Thieren. Das Epithelium geht in der Gebärmutter zur Zeit der Regeln zu Grunde. Es mangelt auch während der Schwangerschaft an allen Orten, an denen das Ei anhaftet, es kann sich aber in Säugethieren an den Zwischenstellen erhalten. Sind die weiblichen Geschlechtswerkzeuge nach dem Wochenbette zu ihrem früheren Zustande zurückgekehrt, so läßt sich auch wieder die Flimmerbewegung wahrnehmen. Das Ei des Kaninchens muß nach Bischoff[1]) seine Härchen nur kurze Zeit tragen. Es gelang diesem Forscher trotz vieler Beobachtungen nur ein Mal, es gerade zur Zeit seines Flimmerüberzuges aufzufinden (§. 1978.).

Es liegt bis jetzt keine sehr große Reihe von Erfahrungen über die Flimmerbewegung kranker Theile vor. Man kennt keinen Fall, in dem regelwidrige Ablagerungen ein selbstständiges Flimmerepithelium dargeboten hätten. Nasenpolypen flimmern zwar oft an ihrer Oberfläche. Die Schleimhaut der Nasenhöhle ist aber dann wahrscheinlich durch die unterliegende Wucherung emporgehoben und ausgedehnt worden.

Es kommt häufig vor, daß das Flimmerepithelium durch krankhafte Nebenabsonderungen zu Grunde geht. Salzreiche flüssige Ausschwitzungen, der Eiter und die Jauche können es eben so gut im lebenden Körper als außerhalb desselben zerstören. Wir vermissen daher das gewöhnliche Flimmerepithelium in den Hirnhöhlen von Menschen, die an Nervenfiebern, an Hirnwassersucht und ähnlichen Leiden zu Grunde gegangen sind. Es fehlt in dem venerischen oder skrophulösen Beinfraße der Nase und in Schwindsüchtigen an den Zerstörungsstellen der Luftröhren- und der Lungenschleimhaut. Krankhafte Ausscheidungen des Uterus heben es leicht auf. Die Gebärmutterpolypen flimmern seltener, als die Nasenpolypen.

Untersucht man die durch Abschaben losgelösten Flimmerzellen der Mundschleimhaut des Frosches unter Wasser, so findet man, daß sie hin und wieder einzelne nicht unbedeutende Formveränderungen darbieten können, ohne daß die Schwingungen ihrer Härchen gestört sind. Die Zelle ist z. B. von einem weiten hellen Saume, wie von einem Sacke umgeben (Fig. 20.). An-

Fig. 20.

[1]) Th. C. W. Bishoff, Entwickelungsgeschichte des Kanincheneies. Braunschweig, 1842. 4. S. 56.

Fig 21.

dere regelwidrige Formen treten bisweilen am Anfange des Nasencatarrhes auf. Bühlmann fand hier losgestoßene Zellen, wie sie Fig. 21. darstellt. Sie werden mit dem Schleime entfernt. Ihre Härchen schwingen ungestört fort. Ist auf diese Weise das regelrechte Flimmerepithelium zu Grunde gegangen, so ersetzt es sich nicht, so lange das Leiden fortdauert, von Neuem. Wir finden es daher nicht, wenn die Nase oder die Lungen reichliche Schleimmassen absondern. Ist wieder Alles zur Norm zurückgekehrt, so bemerkt man auch das gewöhnliche Flimmerepithelium.

2025 **Ursachen und Nutzen der Flimmerbewegung.** — Die Unabhängigkeit der ganzen Erscheinung (§. 2007.) lehrt, daß der Grund der Schwingungen der Härchen außerhalb der Epithelialzellen nicht liegen kann. Es läßt sich aber noch nicht beurtheilen, ob die Härchen allein oder deren Verbindung mit der Zelle selbst die Bewegung vermitteln. Man vermag eben so wenig zu bestimmen, ob das Ganze von einfachen physikalischen Ursachen oder von verwickelteren Verhältnissen ausgeht.

2026 Die Flimmerbewegung kann in dreierlei Richtungen thätig sein. Ist der Körper, dem sie angehört, klein, so wird sie ihn selbst in Bewegung setzen. Viele Aufgußthierchen und manche junge Embryonen der wirbellosen Geschöpfe schwimmen daher mittelst ihrer Flimmerbewegung oder wenigstens durch den Thätigkeitswechsel von Haaren oder Stacheln, die an die Wimpern der Flimmerzellen erinnern. Das Ei dreht sich auf diese Weise um seine Achse.

2027 Ist die Flimmerhaut befestigt, so können die Strömungen benachbarte Körper weiterführen. Der Schleim der Luftröhre und der Lungen vermag so dem Kehlkopfe überliefert zu werden. Die Strudel, die gleichzeitig erregt werden, müssen immer andere Theile des umgebenden flüssigen Mittels mit den Flimmerzellen in Berührung bringen. Man hat sich deshalb auch vorgestellt, daß die Flimmerbewegung die Athmung der Wasserthiere wesentlich begünstigt. Die Thatsache aber, daß die Kiemen fast aller Fische kein Flimmerepithelium tragen, kann wenigstens beweisen, daß hierfür die Schwingungen von Härchen nicht unumgänglich nothwendig sind.

2028 Eine nähere Untersuchung führt bald zu dem Schlusse, daß uns die wahre Bestimmung der Flimmerbewegung gänzlich entgeht. Wir wissen noch nicht, zu welchem Zwecke sich das Ei der meisten Thiere und die Embryonen vieler wirbellosen Geschöpfe und der Frösche in einer gewissen Zeit ihrer Entwickelung fortwährend drehen. Es läßt sich zwar annehmen, daß die Flimmerbewegung kleinere Schleimmassen, die sich in den Luftwegen bilden, mit mehr Vortheil, als das heftigere Husten dem Kehlkopfe überliefert. Diese Anschauungsweise scheitert aber schon an den Verhältnissen der weiblichen Geschlechtstheile. Wir sahen (§. 1994.), daß hier die Bewegung von den Eiröhren nach der Gebärmutter gerichtet

ist. Aendert sich nicht etwa die Strömung, wie an den Muschelkiemen (§. 1994.), so kann sie nichts zu dem Fortrücken des Samens beitragen. Die Wanderung des Eichens nach der Gebärmutter braucht aber nicht gerade nothwendiger Weise ihre Hilfe, weil die wurmförmige Bewegung der Muskelfasern diesen Dienst zu versehen im Stande wäre. Es läßt sich jedoch nicht in Abrede stellen, daß vielleicht die leiseren Wirkungen der Flimmerbewegung für zartere Eigebilde vortheilhafter sind.

2029 Die selbstständige Drehung, die Fortschaffung benachbarter Körper und der Wechsel, den die Strudel nach sich ziehen, geben uns noch keine Rechenschaft von der Verbreitungsweise des Flimmerepitheliums. Wir können sogar häufig genug nicht einsehen, welchen Nutzen jene Wirkungen, z. B. in den Hirnhöhlen, stiften sollten. Der Hauptzweck der Erscheinung liegt vermuthlich in gewissen Moleculareinflüssen, deren Wesen und Bedeutung in tiefes Dunkel gehüllt ist. Die fortwährende Unruhe der Theile kann die physikalischen und chemischen Verhältnisse unmittelbar ändern oder auch manche sonst unerreichbare Wirkungsarten vorbereiten helfen.

3. Regungen der entwickelten Samengebilde.

2030 Schwingungen derselben. — Der reife Same des Menschen und aller mit männlichen Geschlechtswerkzeugen versehenen Geschöpfe enthält eigenthümliche haarförmige oder wenigstens mit feinen Fäden versehene Theile, welche die verschiedenen Forscher mit dem Namen der Samenthierchen, der Spermatozoen, der Spermatozoiden, Samenfäden und Samenflimmer belegt haben. Sie besitzen mit wenigen Ausnahmen die Fähigkeit, immer oder zu gewissen Zeiten selbstständig zu schwingen und hierbei ihren Ort in einem größeren oder kleineren Raumbezirke zu ändern. Viele Beobachter betrachteten sie als wahre Thiere, andere dagegen nur als Gewebeelemente, die gleich den Flimmerhaaren thätig sind.[1]) Die zahlreichen, oben angeführten Benennungen rühren eben von diesen verschiedenen Anschauungsweisen her.

2031 Sprechen aber auch die meisten Gründe für die Gewebenatur der Samenfäden, so lassen sich doch ihre Regungen nur unvollkommen mit der Flimmerbewegung vergleichen. Dieselben äußeren Einflüsse können auf beide verschieden wirken. Es scheint sogar, daß sie wesentlich abweichende Formverhältnisse voraussetzen.

2032 Wir sahen (§. 1986.), daß die von ihren Zellen gelösten Flimmerhaare keine Bewegung bis jetzt wahrnehmen ließen. Schwingen die Härchen, so ändert sich nicht die Gestalt der Flimmerzellen. Diese müssen

[1]) A. Koelliker, Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere nebst einem Versuch über das Wesen und die Bedeutung der sogenannten Samenthiere. Berlin, 1841. 4. S. 72 fgg. und: Die Bildung der Samenfäden in Bläschen als allgemeines Entwickelungsgesetz. Neuenburg, 1846. 4. S. 67 fgg.

aber die passende Unterlage, ohne welche jene Lebenserscheinungen aufhören, abgeben.

Die thätigen Samenflimmer liegen vollkommen frei oder werden 2033
höchstens bündelweise an einander oder an einen gemeinsamen Mittelkörper geklebt, nicht aber in ihn eingefügt. Sie können sich von diesem trennen, ohne daß ihre Schwingungen aufhören. Sollen sie die größte Höhe ihrer Entwickelung und mit dieser die günstigsten Bedingungen ihrer Unruhe erreichen, so müssen sie sogar jene Anheftung aufgeben.

Die räthselhaften Körper, die in dem Samen der zehnfüßigen Krebse 2034
vorkommen, sind selbst im Stande, noch einen Schritt weiter zu führen. Eine Zahl von Haaren sitzt hier auf einer eigenthümlich gestalteten Mittelmasse Die Einfügungsweise erinnert entfernt an die der Flimmerhaare. Es ist aber bis jetzt keinem Forscher gelungen, Bewegungen an den feinen Fäden wahrzunehmen. Die Verhältnisse der Samenflimmer der übrigen Geschöpfe brachten sogar Manche zu der Vermuthung, daß sich jene Haare von ihrem Mutterkörper loslösen, um hiermit die sonst vorhandene selbstständige Regsamkeit zu gewinnen.

Halten wir uns an den Menschen und die Säugethiere, so stoßen 2035
wir am Häufigsten auf dreierlei Hauptformen der Samenflimmer. Ge-

Fig. 22.

bilde, wie sie *a* Fig. 22. zeigt, kommen in dem reifen Samen der meisten Knochenfische vor. Die Typen von *b* finden sich in manchen Knorpelfischen und Vögeln und die von *c* in vielen Säugethieren und im Menschen. Liegen sie in der Samenflüssigkeit zerstreut, so schwingt ihr haarförmiger Theil auf die mannigfachste Weise. Er wendet sich von einer Seite zur anderen, schnellt auf und ab, schlängelt sich oder verschlingt sich selbst an einzelnen Stellen. Das Ganze schwankt dabei innerhalb kurzer Raumstrecken, durchläuft auch wohl verhältnißmäßig größere Entfernungen und dreht sich hin und wieder um seine Längenachse.

Hängen die Samenelemente jüngerer Entwickelungs- 2036
stufen bündelweise zusammen, so bewegen sich die parallelen Fäden in ziemlich gleichförmiger Weise. Man be-

Fig. 23.

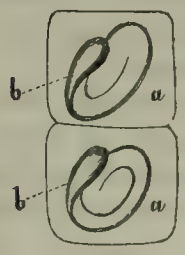
merkt daher ein regelmäßiges Wallen, das in mancher Beziehung an die gleichartigen Schwingungen sehr langer und sich schlängelnder Flimmerhaare (§. 1983.) erinnert. Treibt aber das eindringende Wasser die einzelnen Fäden des Bündels auseinander, so geht auch die Gleichförmigkeit der Wellen mit der Regelmäßigkeit der Anlagerung verloren.

Diese Verhältnisse können manche eigenthümliche Anschauungen bedingen. Der Inhalt der reifen Hodenbläschen des Blutegels zeigt z. B. eine Bewegung, die an die Saftströmung der Charen erinnert [1]). Die verschiedenen Krümmungen der Samenbündel des Regenwurmes führen oft Bilder vor, die eine gewisse Aehnlichkeit mit den Klangfiguren darbieten.

[1]) Henle, in Müller's Archiv. 1835. S. 585. 586. u. R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 634.

2037 Diese beweglichen Theile kommen nicht bloß in den Thieren, sondern auch in einzelnen Gewächsen vor. Die reifen Antheridien der Tange, der Charen, der Laubmoose, der Lebermoose und der Farrenkräuter enthalten solche Samenfäden. Man kann z. B. in den Laubmoosen zu geeigneten Zeiten bemerken, wie je eine Zelle *aa* Fig. 24. ein solches Wesen *bb* einschließt. Befeuchtet man einen feinen Schnitt mit Wasser, so dreht sich ein jedes in seinem Behälter. Seine Regungen sind von denen seines Nachbars unabhängig. Es gehört zu den schönsten Schauspielen, welche das Mikroskop darbietet, das mannigfache Getümmel dieser unruhigen Einsiedler auf einmal zu überblicken. Tritt ein solches Gebilde aus seiner Zelle heraus, so setzt es seine schraubenförmigen Drehungen im Freien fort und eilt oft aus dem Gesichtsfelde mit einer bedeutenden scheinbaren Geschwindigkeit (Bd. I. §. 1092.).

Fig. 24.



2038 Es kommt in manchen Aufgußthierchen vor, daß ihre Oberfläche keine größere Menge von Flimmerwimpern trägt, sondern nur wenige vereinzelte Haare, deren peitschenförmige Thätigkeit die Ortsveränderung einleitet, besitzt. Decaisne und Thuret[1]) fanden, daß die beweglichen Körperchen, die in den Antheridien der Tange angetroffen werden, mit haarförmigen Fortsätzen, wie es Fig. 25. zeigt, versehen sind. Der längere Faden liegt nach ihnen immer nach vorn, der kürzere dagegen zieht sich hinter dem Körper des ganzen Wesens hin. Zwei Fäden, die sich an dem Hinterende des Körpertheiles anfügen, sind auch von diesen Forschern an den ähnlichen Elementen der Charen, der Laub- und der Lebermoose wahrgenommen worden.

Fig. 25.

2039 Man hat bis jetzt noch keine solchen Theile in der Fovilla der höheren Gewächse wahrgenommen. Ihre Körnchen zeigen dagegen häufig Brownsche Molecularbewegung (§. 1936.), die nicht selten mit den Schwingungen beweglicher Samenelemente verwechselt worden ist.

2040 Sollen die Haargebilde des thierischen Samens mit größter Lebhaftigkeit schwingen, so müssen sie eine gewisse Höhe der Entwickelung erreicht haben. Haben sie sich dieser genähert, so bewegen sie sich noch nicht von selbst, zittern aber, so wie das Befeuchtungswasser eine Zeit lang eingewirkt hat. Alles ist daher zuerst in Ruhe; einzelne regen sich einige Zeit später; die Beweglichkeit greift endlich immer weiter um sich, bis zuletzt das ganze Gesichtsfeld von wallenden Fäden wimmelt. Hat der Same seine höchste Reife erlangt, so bedarf es keines äußeren Anregungsmittels, um diese allgemeine Lebendigkeit hervorzurufen. Die Fäden arbeiten schon ohne Weiteres in ihrer natürlichen Mutterflüssigkeit.

---

[1]) Decaisne und Thuret, in den Annales des sciences naturelles. Botanique. Troisième Série. Tome III. Paris, 1845. 8. p. 8. 9.

Ist die Zeit der Brunst eines Thieres vorübergegangen, so enthält 2041
zwar oft noch sein Same einzelne vollständige Samenfäden. Sie bewegen sich aber oft weder von selbst noch unter dem Einflusse äußerer Anregungen. Ihre Schwingungen setzen daher nicht bloß ihre vollständige Entwickelung voraus, sondern sind auch an eine bestimmte Lebenszeit gebunden.

Geschwindigkeit der Bewegungen der Samenfäden. — 2042
Jedes Bemühen, hier zu sichereren Zahlenwerthen zu gelangen, stößt auf dieselben Schwierigkeiten, wie die Versuche, die Schnelligkeit der Molecularbewegung zu ermitteln (§. 1950.) Man kann daher nur zu sehr ungefähren Ergebnissen im glücklichsten Falle kommen und darf nie die Werthe, die wenige Versuchsreihen geliefert haben, allgemeiner anwenden.

Henle[1]) schätzt die Secundengeschwindigkeit der menschlichen Samen- 2043
fäden auf 0,06 und Krämer auf 0,02 bis 0,05 Millimeter. Wir hätten daher ungefähr $\frac{1}{25}$ Millimeter als Durchschnittsgröße dieser drei Werthe. Die Samenfäden kämen daher hiernach viel langsamer, als Körperchen, die durch die Flimmerbewegung getrieben werden, fort (§. 2000.). Die Blutkörperchen gingen auch meist rascher in den Haargefäßen des Froschfußes dahin (Bd. I. §. 1093.). Die Brownschen Molecüle erreichten dagegen noch nicht den Grad von Schnelligkeit, der den Samenfäden zukäme (§. 1952.).

Man darf übrigens hierbei nicht außer Acht lassen, daß sich die mei- 2044
sten Samenfäden innerhalb einer kurzen Raumstrecke hin und her bewegen und daß die wenigsten von ihnen größere Entfernungen unausgesetzt durchlaufen. Diese Geschwindigkeitswerthe lassen sich daher kaum zu weiteren Schlüssen mit Sicherheit brauchen.

Verhalten der Bewegung der Samenfäden zu den Au- 2045
ßenverhältnissen. — Es versteht sich von selbst, daß ihre Regungen, eben so wenig als die Thätigkeit der Flimmerhaare, von dem unmittelbaren Einflusse des Kreislaufes und der Nerventhätigkeit abhängen. Bleibt der Same in seinem natürlichen Behälter, so können die Samenflimmer ihre Erregbarkeit sehr lange bewahren. Es ist in dieser Hinsicht nicht nöthig, daß sie den höchsten Grad ihrer Entwickelung erreicht haben. Bedarf es auch erst des Einflusses des kalten Wassers, um ihre Bewegungskraft zu entwickeln, so erhält sich doch oft diese ihre Fähigkeit länger, als die Flimmerbewegung.

Es ist mir ein Mal vorgekommen, daß die Samenfäden der Leiche 2046
eines 50jährigen Mannes, der 84 Stunden vorher gestorben war, schwache, aber deutliche Schwingungen darboten. Enthauptete ich im Februar Frösche, deren Hoden anzuschwellen anfingen, und ließ ich die Baucheingeweide in ihrer Lage, so reichte die Befeuchtung mit Wasser hin, daß sich nach 72 und ein Mal sogar 92 Stunden nach dem Tode Bewegungen einstellten. Sind die Regungen schwach, so muß man die Feuchtigkeit eine

[1]) J. Henle, Allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 954.

halbe bis eine ganze Stunde wirken lassen, ehe der größte Theil oder alle Samenfäden in Thätigkeit gerathen. Diejenigen, welche bündelweise beisammenliegen, schwingen dann eben so gut, als die, die vereinzelt sind. R. Wagner sah die Schwingungen vier Tage nach dem Tode in dem Samen des Frosches. Sie hörten hier selbst noch nicht bei — 2° C. auf.

2047 Wirkt die Kälte anhaltend auf den ausgeschnittenen Hoden, vertrocknet er, liegt er in Wasser, greift ihn die Fäulniß stärker an, so findet man in der Regel, daß die Samengebilde früher absterben. Die der Säugethiere, z. B. des Pferdes, scheinen übrigens in dieser Hinsicht empfindlicher, als die des Frosches zu sein.

2048 Kraemer[1]) giebt an, daß sich die Bewegungen in einer Wärme von 35° C. verstärkten und bei 37°5 bis 46°25 C. erhielten. Sie verloren sich dagegen meist auf der Stelle bei 56°25 C. und mangelten gänzlich, wenn der Same eine Minute lang dieser Hitze ausgesetzt gewesen war. Der kürzeste Aufenthalt in 62°5 beseitigte sogleich ihre Empfänglichkeit.

Die Schwingungen verlangsamten sich bei 12°5 C. Sie blieben aber noch nicht aus, wenn selbst der Same von Schnee umgeben, nicht aber eingefroren war.

2049 Schloß ich die Poldräthe eines Magnetelektromotor mit dem Hoden eines Frosches und ließ ihn hier 18 Minuten lang, so daß mehr als 1000 Schläge durchgingen, liegen, so schwangen später die Samenfäden unter Wasser eben so lebhaft, als unter den gewöhnlichen Verhältnissen. Der Magnetelektromotor arbeitete so stark, daß ich die Handhaben keine halbe Minute mit befeuchteten Händen halten konnte. Befestigte ich die Poldräthe in den Löchern des Glastisches des Mikroskopes und legte sie so um, daß ihre Enden den mit Wasser verdünnten Samentropfen berührten, so konnte ich keine Störung der Bewegungen der Samengebilde beobachten, als mehrere hundert schwächere Entladungen in fünf Minuten wirkten.

2050 Wir haben früher (§. 2040.) gesehen, daß das Wasser die Bewegungen unter geeigneten Verhältnissen anregt. Man kann oft bemerken, daß die menschlichen Samengebilde, so wie allmählig das Wasser die zähe Samenmasse durchdringt und in höherem Grade verflüssigt, unruhiger werden. Blutwasser oder eine sehr verdünnte Eiweißlösung können in ähnlicher Weise thätig sein. Sind aber die angewandten Flüssigkeiten zu kalt, so schaden sie leicht. Es läßt sich übrigens schwer entscheiden, ob die Bewegungen, die das Wasser verstärkt hat, kürzer dauern oder nicht.

2051 Jod, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Essigsäure, kaustisches oder kohlensaueres Kali, Sublimat, salpetersaueres Silberoxyd, dichte Lösungen von Zucker oder Kochsalz, ätherisches Bittermandelöl, Terpenthinöl, thierisches Dippel'sches Oel, ätherisches Senföl, Farren-

[1]) J. C. A. Kraemer, Observationes microscopicae et experimenta de motu spermatozoorum. Gottingae, 1842. 8. p. 8.

krautöl, Crotonöl, Weingeist, Schwefeläther, Kreosot und Mimosenschleim hemmen nach Kraemer[1]) die Bewegungen der Samenfäden. Blut, Blutserum, Milch, Hühnereiweiß, Süßmandelöl, Anisöl und Cajeputöl stören sie dagegen nicht. Dasselbe gilt von manchen Harnarten, von dem Safte der Vorsteherdrüse, dem Schleime der Scheide und nach Kraemer von dem Eiter eines Empyems, der Absonderung, die der Harnröhrenschleimfluß liefert, und der schleimigt-eiterigen Masse, die aus der Scheide venerischer Frauen austritt.

Diese Wirkungen stimmen zu einem großen Theile mit denen, welche 2052
die Flimmerbewegung in den gleichen Fällen darzubieten pflegt, überein (§. 2019.). Manche andere Körper führen jedoch in dieser Hinsicht zu durchgreifenderen Unterschieden.

Der Speichel stört nach Donné die Bewegungen der Samenfäden; 2053
er hebt sie dagegen nach Wagner fast nie auf. Die Flimmerbewegung wird in keinem mir bekannten Falle durch diese Absonderung gehemmt. Die Galle beeinträchtigt leicht die Flimmerthätigkeit der Säugethiere, nicht aber die der Muscheln. Sie läßt nach Kraemer die Bewegungen der Samenmasse unberührt.

Donné[2]) giebt an, daß der sehr sauere unter krankhaften Verhält- 2054
nissen abgesonderte Scheidenschleim und bisweilen auch der alkalische Schleim, der an den Gebärmuttermundslefzen haftet, die Regsamkeit der Samengebilde binnen Kurzem aufhebt. Die Absonderungen, welche die weiblichen Geschlechtswerkzeuge während der Schwangerschaft liefern, scheinen auch nach ihm nachtheilig zu wirken.

Die betäubenden Gifte haben in dieser Hinsicht zu einer Reihe wider- 2055
sprechender Angaben Veranlassung gegeben. Prevost fand, daß sie die Schwingungen der Samenfäden der Frösche vernichten und Kraemer, der seine Versuche mit Lösungen von Opium, essigsauerem Morphin, Strychnin und mit wässeriger Blausäure anstellte, bestättigte das Gleiche für die Samenelemente des Menschen. Wurden Strychnin und Opium in Substanz angewendet, so blieb die hemmende Wirkung aus.

Koelliker[3]) konnte keinen störenden Einfluß in dem Samen von Planorbis wahrnehmen, wenn er eine Lösung von Strychnin (1 : 480) oder Opium gebrauchte. R. Wagner[4]) nimmt an, daß Strychninsalze nur dann, wenn ihre Auflösung sehr dicht ist und chemisch wirkt, die Bewegungen vernichten. Sind sie verdünnter, so verhält sich nach ihm die Flüssigkeit, wie reines Wasser.

Befeuchtete ich den Samen von Winterfröschen mit möglichst starker 2056
Blausäure, die einige Stunden vorher bereitet und in Schnee vor dem Lichte geschützt aufbewahrt war, so bewegten sich die Samenfäden im An-

---

[1]) Kraemer, Ebendaselbst. p. 37 — 39.
[2]) A. Donné, Cours de Microscopie complémentaire des études médicales. Paris, 1844. 8. p. 291 — 296.
[3]) Koelliker, Beiträge etc. S. 68. 69.
[4]) R. Wagner, Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. Seite 23.

fange mit größter Lebhaftigkeit. Legte ich ein Stück des Hodens in dieselbe Blausäure und ein zweites in reines Wasser und ließ die Gefäße, die beide enthielten, bei 10° C. stehen, so fand ich 18 Minuten später, daß die meisten Bündel, die sich in der Blausäure aufgehalten hatten, ruhten, einzelne Fäden dagegen lebhaft schwangen. Hatten sie eine halbe Stunde in der giftigen Flüssigkeit verweilt, so zeigte sich keine Spur von Regung. Diejenigen, welche die gleiche Zeit in Wasser gelegen, schwangen natürlich auf das Lebhafteste.

2057 Man besitzt noch keine hinreichend ausgedehnte Reihe von vergleichenden Untersuchungen, aus der sich entnehmen ließe, ob sich die Samenfäden der mannigfachen Geschöpfe auf wesentlich verschiedene Weise zu den betäubenden Giften verhalten oder nicht. Die angeführten Beobachtungen lehren aber so viel, daß der Frosch selbst dem Einfluß der Blausäure, wenn sie in seine Blutmasse übergegangen ist, früher, als seine Samenflimmer, unterliegt. Diese widerstehen aber auch nicht für die Dauer den schädlichen Wirkungen jenes Giftes.

Die Haut der Polypen, Aktinien und Medusen enthält noch kleine Bläschen, die schraubenförmig gedrehte Fäden einschließen. Diese können hervortreten und selbstständige Schlangenbewegungen darbieten [1]).

4. Bewegungen einzelner Zellen.

2058 Man hat bis jetzt keine abwechselnde Zusammenziehung und Erweiterung an den verschiedenartigen Zellen, die in den vollständig entwickelten Geweben des Menschen und der Wirbelthiere vorkommen, beobachtet. Wir finden zwar bisweilen, daß die Cylinder der flimmernden Unterhälfte der Mundschleimhaut des Frosches ihre gegenseitige Lage ändern. Es ergiebt sich aber bald, daß diese Erscheinung nicht von den Epithelialgebilden, sondern von den anhaftenden quergestreiften Muskelfasern der Zunge herrührt. Aehnliche Ursachen liegen wahrscheinlich den Bewegungen, die einzelne Forscher an dem Cylinderepithelium der dicken Gedärme in lebenden Säugethieren beobachtet haben, zum Grunde.

2059 Das Herz des Embryo zieht sich viel eher, als sich in ihm vollständige Muskelfasern ausbilden, zusammen. Wir können hieraus schließen, daß sich schon die Uebergangsgestalten, die dann vorhanden sind, verkürzen. Nähere Beobachtungen haben aber noch nicht festgestellt, welche Formveränderungen hierbei auftreten.

2060 Siebold [2]) entdeckte eine eigenthümliche, selbstständige Bewegung der Eizellen der Planarien. Diese contractilen Gebilde erscheinen erst nach Koelliker [3]) mit der Embryonalentwicklung. Die Zellen spielen aber

[1]) R. Wagner, Ebendaselbst. S. 464. und dessen Icones zootomicae. Leipzig, 1843. Fol. Tab. XXIX.

[2]) Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der K. preussischen Academie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin, 1841. 8 S. 83—86.

[3]) Koelliker, in Erichson's Archiv für Naturgeschichte. Bd. XII. Berlin, 1846. 8. S. 291 — 295.

auch hier nicht in allen untersuchten Proben. Sie bestehen aus einer durchsichtigen Zellhaut, von der die Bewegung ausgeht, und einem feinkörnigen, mit einem bläschenartigen Kerne versehenen Inhalte, der hin und hergeschoben wird.

Die Veränderung beginnt damit, daß eine Einschnürung an dem einen Ende der Zelle auftritt und von da nach der Mitte und dem anderen Ende fortschreitet. Ist dieses vollendet, so wiederholt sich meist das Gleiche nach einer kurzen Zwischenzeit in entgegengesetzter Richtung. Es kann jedoch auch vorkommen, daß die Verengerung zwei Mal hinter einander in derselben Bahn fortgeht. Ein Wellenzug dauert nach Koelliker eine Minute; die Zeit der Ruhe dagegen 12 bis 20 Secunden. Siebold bemerkte schon, daß die Bewegungen Stunden lang in den gesonderten Zellen anhalten.

Die gefärbten Flecke, mit denen die äußere Haut der Dintenfische versehen ist, ändern häufig ihre Gestalt. Ein großer, zackiger Pigmentbehälter *b* verwandelt sich plötzlich in ein kleines Bläschen *a*. Die Theilchen des Farbestoffes, die in *b* zerstreut lagen, müssen auf diese Weise einander näher rücken. Fiel früher ihre Färbung, der weiteren Zerstreuung wegen, dem freien Auge weniger auf, so wird man sie jetzt, wo sie enger zusammengedrängt sind, leichter bemerken.

Fig. 26.

R. Wagner [1]) nahm an, daß diese Erscheinung von den Zellen selbst unmittelbar ausgeht. Man hätte hiernach hier eine ähnliche Thätigkeit, wie in den Eizellen der Planarien. Als ich diese Gebilde gleichzeitig untersuchte, kam es mir vor, daß äußerlich angeheftete Muskelfasern die Veränderung einleiteten. Die späteren Beobachtungen von Koelliker [2]) und Harleß [3]) haben dieses mit Bestimmtheit dargethan. Man kann sogar die Form der Zelle nach Belieben wechseln lassen, wenn man den Hirnknoten oder die zu den gefärbten Blasen verlaufenden Nerven zu reizen sucht.

5. Verkürzung der reizbaren Fasergewebe.

Reizbarkeit. — Die Flimmerbewegung, die Schwingungen der 2061
Samenfäden und die selbstständigen Wellen der Planarienbläschen setzen ihre einmal begonnene Thätigkeit von selbst fort. Aeußere Eingriffe können zwar diese aufheben, allein die Mittel, die hierzu dienen, vernichten sie zugleich für alle späteren Zeiten. Kamen jene Gebilde ohne unsere Veranlassung zur Ruhe, so sind wir nicht im Stande, ihre Wirkung auf irgend eine Weise von Neuem anzuregen.

Die reizbaren Fasergewebe führen in dieser Hinsicht zu anderen Verhältnissen. Ein Reiz, den wir ihnen oder ihren Nerven aufdringen, verkürzt sie. Erschlaffen sie später, so gehorchen sie noch in der Folge dem gleichen oder einem stärkeren Eingriffe. Eine Reihe willkührlicher Ver-

---

[1]) R. Wagner, in Erichson's Archiv für Naturgeschichte. Berlin, 1841. 8. S. 35 — 38.

[2]) A. Koelliker, Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden. Zürich, 1844. 8. S. 71.

[3]) Harless, in Erichson's Archiv für Naturgeschichte. Berlin, 1846. 8. S. 126.

suche vermag hier dieselbe Veränderung zu wiederholten Malen einzuleiten.

2062 Es wäre möglich, daß die künftigen Forschungen die Schärfe dieses Unterschiedes verwischten. Die Flimmerhaare können nicht bloß ihre Richtungen ändern, sondern auch eine Zeit lang ausruhen (§. 1994.). Die Samenfäden bewegen sich nicht von selbst, ehe sie die höchste Stufe ihrer Entwickelung erreicht haben. Der Einfluß des Wassers ist aber dann im Stande, sie zu ihrer Thätigkeit zu bestimmen. Hat die Brunst aufgehört, so verliert sich auch die Beweglichkeit. Dieser Wechsel der Erscheinungen muß von gewissen Nebenbedingungen abhängen. Sollte es gelingen, sie künstlich nachzuahmen, so gewönne hier der Versuch denselben günstigen Boden, den ihm die reizbaren Fasergewebe schon gegenwärtig darbieten.

2063 Die Theile, die sich verkürzen, erhalten eine größere oder geringere Zahl von Nerven, welche die Zusammenziehung anregen und beherrschen können. Der Bau der Gewebe und andere Nebenverhältnisse bestimmen hierbei, ob der bloße Anspruch der freien Nervenstämme oder der der reizbaren Fasermasse sicherer zum Ziele führt. Der Grad der Wirkung hängt zwar einerseits von der Natur der Gewebe ab; er kann aber auch anderseits mit der Verschiedenheit der Eingriffe wechseln. Die hierdurch bedingten Unterschiede beziehen sich jedoch nicht auf die allgemeinen Merkmahle der Wirkung, sondern nur auf die Nebenverhältnisse des Erfolges. Die Muskelfaser zieht sich in jedem Falle zusammen. Die Größe und die Kraft dagegen, mit der sie sich verkürzt, hängt von jenen untergeordneten Bedingungen ab.

2064 Dieser Umstand führte die Physiologie zu dem allgemeinen Ausdrucke des Reizes. Sie bezeichnet hiermit jeden Einfluß, der die Nerven oder die Organe zur Entwickelung ihrer eigenthümlichen Thätigkeit veranlaßt. Die Natur des Mittels dagegen, das diese Wirkung herbeiführt, wird nicht näher berücksichtigt.

Es ist keine Frage, daß diese Benennung auf einer einseitigen und unvollkommenen Auffassung beruht. Sucht man in ihr mehr, als ein Wort, trägt man das, was sich auf die Gleichheit des Erfolges bezieht, auf die Ursachen selbst über, so geräth man in eine Reihe unrichtiger Vorstellungen, die häufig genug einzelne Physiologen und vorzüglich manche Pathologen irre geleitet haben. Bedient man sich dagegen nur jenes Ausdruckes, um jeden Einfluß, der die entsprechende Lebensthätigkeit frei spielen läßt, kurz zu bezeichnen, so kann man jede Klippe des Irrthums vermeiden. Alle Wissenschaften bedürfen solcher Stichwörter, um gewisse allgemeine Verhältnisse übersichtlich anzudeuten.

2065 Wie die Physiologie von Reizen, so spricht auch die Physik von Wärme- oder Elektricitätserregern. Es ist ihr dann für den Augenblick gleichgültig, ob die Wirkung, die sie bezeichnen will, durch Reibung, Druck, Licht, Wärmeatmosphären oder chemische Verwandtschaften zu Stande gekommen ist. Es genügte ihr zu wissen, daß Wärme oder Elektricität aus irgend einem Grunde in die Erscheinungen eingreift.

2066 Ein Wärmeerreger kann Temperaturveränderungen in jedem Falle her-

beiführen. Da alle Körper für diese Art von Einflüssen empfänglich sind, so bewahrt auch immer die Wirkung denselben wesentlichen Grundcharakter. Die Wärmecapacität der getroffenen Massen (Bd. I. §. 299.) und andere Nebenverhältnisse bestimmen nur den Grad des Erfolges. Es ist möglich, daß die Molecularveränderung, welche der Wärmeerreger erzeugt, noch andere, z. B. elektrische Spannungen, veranlaßt. Mehrere verschiedene Wirkungen können so gleichzeitig auftreten.

Der Bau des thierischen Körpers führt in dieser Hinsicht zu anderen 2067
Verhältnissen. Die Werkzeuge, die mit Nerven versorgt werden, arbeiten ihrer Natur nach in verschiedenen Richtungen. Die einen vermitteln die Empfindungen und andere Bewegungen. Der gleiche elektrische Strom, der im Auge Lichterscheinungen herbeiführt, zwingt die Muskeln zur Verkürzung. Wir haben hier verschiedene Gebiete, die von einander ihren Thätigkeiten nach in allen Fällen abweichen. Das Wort Reiz kann sich daher nicht auf Erfolge, die in allen Theilen des Organismus wiederkehren, beziehen. Es muß vielmehr nur auf eine gewisse gleichartige Gruppe von Werkzeugen bezogen werden.

Je weiter die Erkenntniß der Verkürzungserscheinungen fortschreitet, 2068
um so mehr überzeugt man sich, daß hier Molecularwirkungen oder Veränderungen, deren inneres Wesen dem sinnlichen Auge entgeht, dem Ganzen zum Grunde liegen. Es wiederholen sich daher hier ähnliche Erscheinungen, wie in den Verhältnissen der Cohäsion, der Auflösung, des Lichtes, der Wärme und der Elektricität. Die Beobachtung muß die Wirkungen so scharf als möglich zu verfolgen suchen. Ist dieses bis auf einen gewissen Grad fortgeschritten, so kann die Theorie die inneren Molecularveränderungen aus dem gegenseitigen Vergleiche der einzelnen Erfahrungen auf dem Wege der Wahrscheinlichkeitsschlüsse zu erläutern suchen.

Die Physik konnte sich bis jetzt nur diesem Endziele in den Lehren 2069
der Schwere, des Lichtes und der Wärme befriedigend nähern. Die Verhältnisse des Magnetismus und der Elektricität werden sich vielleicht mit der Zeit der gleichen Vortheile erfreuen. Die Aussichten liegen dagegen für die Erscheinungen der Cohäsion, der Auflösung und der chemischen Verwandtschaft in weiter Ferne. Es fragt sich endlich, ob der menschliche Geist je vollständig ergründen wird, welchen Molecularveränderungen die Muskelmasse und die verschiedenartigen Nervengewebe in dem Augenblicke ihrer Thätigkeit unterliegen.

Die Physiologie muß sich unter diesen Verhältnissen beschränken, den 2070
Thatbestand so scharf als möglich zu verfolgen. Jeder Versuch einer Theorie des Wesens der Erscheinungen dagegen kann vorläufig nur als ein verfehltes Streben angesehen werden. Die Bemühungen, die einzelnen Theile der Muskelfasern als Scheiben eines galvanischen Apparates anzusehen[1]) oder die Nervenwirkungen auf Elektricitätserscheinungen zu-

[1]) Wharton Jones, in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome. Paris, 1844. 8. p. 325.

rückzuführen (Bd. I. §. 352.), sind deshalb nicht im Stande, ihr Ziel bei der gegenwärtigen Lage unserer Kenntnisse zu erreichen.

2071 Reizbarkeit der Pflanzen und der Thiere. — Wir haben früher gesehen, daß Flimmerhaare (§. 1959.) und regsame Samenfäden (§. 2037.) in einzelnen niederen Gewächsen vorkommen. Der Grundcharakter ihrer Bewegungen stimmt im Wesentlichen mit dem der entsprechenden thierischen Gebilde überein. Das Gewächsreich liefert aber außerdem noch viele Beispiele, in denen andere Ortsveränderungen allmählig oder plötzlich eingeleitet werden.

2072 Ein bestimmter Stellungswechsel der Theile begleitet den sogenannten Schlaf der Pflanzen. Die zweckmäßige Ausstreuung des Blumenstaubes fordert eine berechnete Lagenveränderung der Staubbeutel, der Staubfäden und selbst der Blumenstiele. Die mathematische Anordnung der Blüthentheile kann hier den Gang, in dem die Erscheinungen fortschreiten, bestimmen[1]).

Die Blätter der Sensitive und anderer Pflanzen[2]), die Staubfäden der Berberitzen und noch mancher, den verschiedensten Abtheilungen angehörenden Gewächse ändern plötzlich ihre Stellung, so wie sie von einem passenden äußeren Reize getroffen werden. Sie bleiben dann eine Zeit lang in ihrer neuen Lage und kehren später allmählig auf den früheren Standpunkt zurück. Ein neuer Reiz wiederholt aber die frühere Erscheinung. Wir haben daher hier denselben Wechsel, den auch die reizbaren thierischen Fasern gestatten (§. 2061.).

2073 Die Blätter des Hedysarum gyrans klappen von selbst auf und nieder. Ein hinreichend hoher Wärmegrad bildet die Hauptbedingung dieser merkwürdigen Erscheinung. Ist er vorhanden, so leitet sich die periodische Schwankung von selbst, wie in manchen thierischen Theilen ein.

2074 Es ist bis jetzt nicht geglückt, die Ursachen, aus denen die verschiedenen Pflanzenbewegungen hervorgehen, zu ergründen. Die Physiologie der Gewächse steht in dieser, wie in vieler anderen Hinsicht, der der Thiere bedeutend nach. Sie kennt nicht genau die Formveränderungen, welche die Gewebe bei jenem Ortswechsel erleiden, sie vermag oft selbst nicht anzugeben, von welchen Zellen er ausgeht.

2075 Läßt sich auch hiernach nicht beurtheilen, ob die Grundkräfte, die hier wirken, mit denen der thierischen Verkürzungsgebilde übereinstimmen oder nicht, so kann man wenigstens behaupten, daß die Art der Benutzung derselben in beiden Reichen wesentlich verschieden ist. Die Zellen, die wir in den reizbaren Theilen der Gewächse antreffen, haben nicht die geringste Formähnlichkeit mit den ausgebildeten Muskelfasern der Thiere. Die Nerven aber, die in diesen eine so große Rolle spielen, fehlen in jenen gänzlich.

---

[1]) Vergl. Wydler, in den Annales des sciences naturelles. Botanique. Novembre 1845. 8. p. 281 — 285.

[2]) Ein Verzeichniß der wichtigsten reizbaren Gewächse findet sich in M. J. Schleiden, Grundriss der Botanik zum Gebrauch bei seinen Vorlesungen. Leipzig, 1846. 8. Seite 208.

a. Quergestreifte Muskelfasern.

Zickzackbiegungen durchschnittener Muskelfasern. — 2076
Trennt man den Muskel eines lebenden oder eines kurz vorher getödteten Thieres der Quere nach, so ziehen sich die beiden Hälften zurück. Es vergrößert sich auf diese Weise die Lücke, welche die Verletzung hervorbrachte. Dieser Zustand erhält sich längere Zeit unverändert.

Dünne, hinreichend durchsichtige Schichten von Muskeln, deren Fa- 2077
sern gerade verlaufen, eignen sich am besten, die Formveränderungen, die hiermit verbunden sind, zur Anschauung zu bringen. Man kann z. B. hierzu den Kiefermuskel, einzelne Schenkelmuskeln oder den Arm-Bauchmuskel des Frosches, die Bauchmuskeln dieses Thieres, eines Kaninchens oder einer Katze gebrauchen. Eine Vergrößerung von 27 im Durchmesser reicht schon hin, die Hauptsache deutlich zu machen.

Erhält man ein vollkommenes Bild des Ganzen, so stellt es sich, 2078
Fig. 27.

wie es Fig. 27. zeigt, dar. Die Fasern sind zickzackförmig gebogen. Die Winkel der Einknickungen vertheilen sich oft so regelmäßig, daß sich gerade gleichläufige Linien durch ihre Scheitel ziehen lassen und daß die Schenkel benachbarter Fasern parallel dahingehen. Es müssen daher die Neigungswinkel der einzelnen Abtheilungen gleich groß ausfallen.

Dieser hohe Grad von Regelmäßigkeit bleibt in 2079
vielen Fällen aus. Hat sich schon die Beschaffenheit der Muskelmasse geändert, ziehen sich die durchschnittenen Fasern in geringerem Grade oder unregelmäßig zurück, so fällt auch jene Gleichförmigkeit hinweg. Die verschiedenen Fasern biegen sich dann auf das Mannigfachste und eine und dieselbe knickt sich an ihren einzelnen Stellen ungleich ein. Eine unendliche Reihe von Formen wird auf diese Weise möglich gemacht.

Fig. 28.

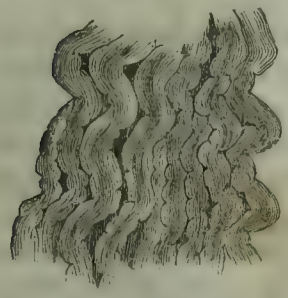


Fig. 28. giebt uns ein Bild der Art. Scharfe Einknickungen und welligte Biegungen treten hier neben einander auf.

Die beiden Seiten des Winkels, den jeder 2080
einzelne Theil der Muskelfaser bildet, verlaufen in der Regel gerade, wie es Fig. 27. darstellt. Wir sehen aber schon in Fig. 28., daß auch mehrere untergeordnete Einschnürungen von einem und demselben Theile vorkommen können. Man stößt sogar bisweilen auf Fälle, in denen jeder der beiden Schenkel einer scharf ausgesprochenen Winkelbiegung aus einer Reihe von Zickzacken besteht. Die Einknickung ist daher nicht an bestimmte größere Längenabstände der Muskelfaser gebunden, sondern kann wahrscheinlich an jeder beliebigen Stelle zu Stande kommen.

Man überzeugt sich leicht, daß die Zickzackbiegungen in keinem bestimmten Verhältnisse zu dem Verlaufe der feineren Nerven, die sich in dem Muskel verbreiten, stehen.

Die früher von Prevost und Dumas ausgesprochene Ansicht, daß jene beiderlei Gewebtheile rechte Winkel mit einander bilden, fällt daher von selbst hinweg

2081 Denken wir uns, eine Reihe von Muskelfasern besitze regelmäßige Zickzackbiegungen, wie es Fig. 27. zeigt, so wird ihr querer Durchmesser auf Kosten der Länge zunehmen. Die entsprechende Anordnung des Ganzen muß zugleich eine Reihe von fortlaufenden Erhebungen und Vertiefungen, die einander der Quere nach entsprechen, erzeugen. Wiederholt sich dieses in größeren Raumstrecken, so wird das freie Auge die hierdurch bedingte Vertheilung von Licht und Schatten unterscheiden können. Es wird dieses um so leichter, je gleichförmiger die einzelnen Muskelfasern verlaufen, möglich werden.

2082 Fig. 29.

Stellen wir uns vor, abc bezeichnet die Gestalt einer stark eingeknickten Faser, so giebt das Verhältniß von ab und bc zu ac das Maaß der auf diesem Wege bewirkten Längenverminderung, ac die zuletzt vorhandene scheinbare Länge des Muskelstückes und φ die Größe des Einknickungswinkels. Alle diese Werthe können in hohem Grade wechseln. Sie weichen oft von einander in benachbarten Muskelfasern und selbst an verschiedenen Stellen einer Faser ab. Nur die größten und die kleinsten Zahlen, so wie die aus größeren Beobachtungsreihen gezogenen Mittel nehmen unter diesen Verhältnissen ein besonderes Interesse in Anspruch.

2083 Halten sich auch immer die einzelnen Biegungen in Räumen, die erst mittelst schwacher Vergrößerungen wahrgenommen werden können, so schwanken sie doch innerhalb ihres beschränkten Gebietes in nicht unbedeutenden Grenzen. Legen wir die Bauchmuskeln des Frosches als Beispiel zum Grunde, so pflegen 2 bis 3 Einknickungen der regelmäßigsten und stärksten Zickzacke auf einen Millimeter Längenabstand zu kommen. Dieser nimmt aber auch oft 4 bis 8 mittlere und eine noch größere Zahl untergeordneter Zickzacke auf. Ein größerer Schenkel allein zeigt bisweilen 3 bis 8 kleinere Krümmungen.

2084 Erreicht die Zickzackbiegung einen hohen Grad von Vollkommenheit und Regelmäßigkeit, so haben die beiden Schenkel des Einknickungswinkels beinahe die gleiche Länge. Ist dieses nicht der Fall, so kann die Größe des einen die des anderen um das Drei- bis Vierfache und noch mehr übertreffen. Die Bestimmung des Einknickungswinkels wird hiernach erleichtert oder erschwert.

Will man diesen unmittelbar messen, so bedient man sich eines Oculars, das mit einem Fadenkreuz versehen ist und um einen graduirten Kreisbogen gedreht werden kann. Man stellt den einen Faden so ein, daß er den Rand des einen Schenkels deckt und der Kreuzungspunkt in den Scheitel des Winkels fällt. Hat man den Stand des Oculars am Kreisbogen abgelesen, so dreht man es, bis derselbe Faden auf den Rand des anderen Schenkels stößt. Der Kreuzungspunkt muß dabei den Mittelpunkt der Wendung bilden und während des ganzen Versuches auf dem Scheitel des Winkels stehen bleiben. Der Unterschied des gegenwärtigen und des früheren Ortes des Oculars giebt die Größe des Winkels an. Man hat sich des gleichen Verfahrens bedient, um die Winkel mikroskopischer Krystalle zu messen.

Nehmen wir z. B. an, der Kreisbogen, um den die Marke des Oculars gedreht

werden kann, sei in 100 Grade getheilt, sie stand am Anfang der Beobachtung bei 20° und am Schlusse derselben bei 40°, so wird der gesuchte Winkel 20° der Eintheilung oder $\frac{1}{5}$ eines ganzen Kreisbogens, d. h. 72° betragen.

Versucht man dieses Verfahren zu gebrauchen, so findet man bald, daß es nicht kleine Fehlerquellen trotz seiner scheinbaren Einfachheit mit sich führt. Man kann sogar selbst bei sorgfältigen Bestimmungen um mehrere Grade irren. Die trigonometrische Berechnung gewährt dagegen eine größere Sicherheit. Ihre Fehler können nur aus den Irrungen der mikrometrischen Längenmessung der drei Seiten *ab*, *bc* und *ac* hervorgehen. Darf man *abc* als ein gleichschenkeliges Dreieck ansehen, so kann man das Mittel der für *ab* und *bc* gefundenen Zahlen mit größerem Vertrauen zum Grunde legen. Bd. I. Anhang Nr. 48.

Fig. 30.

Wählen wir als Beispiel ein Präparat der Bauchmuskeln des Frosches. *ac* glich hier 0,230, *ab* 0,126 und *bc* 0,226 Millimeter. Der Einknickungswinkel betrug daher 75° 43′ bei dieser unregelmäßigeren Form. Glichen dagegen *ac* 0,230 und *ab* sowohl als *bc* 0,163 Mm., so erhielten wir für ihn 90 Grad.

Die stärksten Einknickungen, die man bis jetzt an den rothen Muskelfasern frisch getödteter Säugethiere oder Frösche beobachtet hat, bildeten noch Winkel, die mehr als 30° betrugen. Die gewöhnlichen regelmäßigen und mittleren liegen ungefähr zwischen 50° und 130°. Die Grenzwerthe, die sich zwischen 130° und 180° befinden, gehören nur den schwächsten Zickzacken an. Sie kommen an Muskeln, deren Moleculareigenschaften sich zu ändern begonnen haben, am Häufigsten vor. 2085

Legen sich die Muskelfasern zickzackförmig zusammen, so bilden *ab* und *bc*, Fig. 31., ihre wahre und *ac* ihre scheinbare Länge. Die Verkürzung wird durch den Unterschied, den *ac* und *ab* plus *bc* darbieten, bestimmt. Die letztere Summe gleicht aber der ursprünglichen Länge, wie sie vor der Durchschneidung bestanden hat. Nimmt man sie als Einheit, so kann man den Verkürzungswerth als einen allgemeinen Bruchtheil derselben ausdrücken. 2086

Fig. 31.

So einfach dieses zu sein scheint, so sehr verwickelt sich die Sache, so wie man die Werthe in der Erfahrung zu bestimmen sucht. Die ursprüngliche Länge eines gegebenen Muskels wechselt mit dem Grade der Spannung, in den ihn die Lage der Theile, an die er sich befestigt, versetzt hat. Gehört er z. B. zu den Beugern, so ist jene bei größter Biegung des Gliedes auf ihren niedrigsten, bei kräftigster Streckung auf ihren höchsten, und bei der mittleren Stellung der Theile auf einen Durchschnittswerth von beiden zurückgeführt. Wir wollen diese letztere Größe den bald zu erwähnenden Zahlenwerthen zum Grunde legen und sie kurz mit dem Namen der natürlichen Länge bezeichnen. 2087

Durchschneidet man den Muskel an einer Seite, so verkürzt er sich um eine bestimmte Größe. Die Längenabnahme vergrößert sich aber von Neuem, so wie man ihn auch an dem anderen Ende quer trennt. Man muß daher wenigstens diesen doppelten Eingriff versuchen, um sich den Maximalgrößen, die hier möglich sind, anzunähern. 2088

Wir werden bald sehen, daß keine großen Zugkräfte nöthig sind, um 2089

die Wellen- oder Zickzackbiegungen aufzuheben. Befindet sich die Muskelmasse in Verhältnissen, unter denen der Reibungswiderstand der Unterlage kräftiger einzuwirken vermag, so wird hierdurch das Ergebniß des Versuchs beeinträchtigt werden. Kurze und frei schwebende Massen können daher hier größere Werthe, als lange und fest angeheftete geben.

2090 Die Längenverminderung, die wir unmittelbar messen, wird noch von dem Verlaufe der Fasern wesentlich abhängen. Gehen sie parallel und gerade dahin, so erhalten wir den vollständigen wahren Werth. Haben wir dagegen einen Muskel, wie den Wadenmuskel, in dem ein Theil der Fasern in den verschiedensten Bahnen verläuft, so wird der Verkürzungswerth, wie wir ihn unmittelbar finden, kleiner, als er wahrhaft ist, ausfallen. Man kann daher auch nicht die Größen, die man hier erhält denen, die geradfaserige Muskeln ergeben, ohne Weiteres gleichstellen.

2091 Gerber und ich trennten verschiedene Muskeln eines eben getödteten Pferdes der Quere nach. Die beiderseitigen Durchschnittslinien waren nicht ganz 3 Centimeter von einander entfernt. Ihre Orte wurden so ausgewählt, daß der größte Theil der zwischen ihnen liegenden Muskelfasern mehr oder minder gerade verlief. Sie zogen sich dann um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{5}$ zurück. Wiederholte ich das Gleiche an den geradfaserigen Muskeln des Frosches, so erhielt ich $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{2}$. Der Wadenmuskel dieses Thieres ergab $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ und der des Kaninchens $\frac{1}{4}$.

Anhang Nr 97.

Prevost und Dumas fanden schon früher 0,23 für die Bauchmuskeln des Frosches. Meine Werthe liegen im Durchschnitt bei 0,32 und erheben sich im Maximum auf 0,40.

2092 Die Schwankungen, die sich hier kund geben, lehren schon, daß frische reizbare Muskeln in sehr ungleichem Maaße einknicken. Die mikroskopische Beobachtung bestättigte das Gleiche. Ein Theil dieser Verschiedenheit liegt in äußeren Verhältnissen. Zu starke Zerrung des Muskels, übermäßige Hindernisse der Reibung und andere mechanische Widerstände können hier die Schuld tragen. Es ist jedoch noch unbekannt, ob und in wiefern innere Ursachen mitwirken.

2093 Wir werden in der Folge sehen, daß sich leicht die physikalischen Eigenschaften der Muskelfasern nach dem Tode ändern. Die Bildung der Zickzacke kann hierdurch beeinträchtigt werden. Kräftige und reizbare Muskeln scheinen ihr Auftreten am Ehesten zu begünstigen. Man stößt jedoch noch oft auf sie, wenn schon alle Reizbarkeit geschwunden ist. Ich sah selbst noch einzelne Wellenkrümmungen in dünnen Schichten der Bauchmuskeln eines Frosches, der vier Tage vorher getödtet worden war. Durchschnitt ich die Oberschenkelmuskeln einer Katze im Anfange der stark ausgesprochenen Todtenstarre der Quere nach, so vergrößerte sich noch die Trennungslücke bedeutend. Wiederholte ich den Versuch 12 Stunden später an dem anderen Schenkel, so fehlte die Längenabnahme der Muskelmasse.

2094 Haben wir ein Präparat mit vollkommen regelmäßiger Zickzackbiegung, wie es Fig. 27. versinnlicht, so können wir ohne erhebliche Fehler voraussetzen, daß die beiden Schenkel der Einknickung dieselbe Länge ha-

ben und alle unter einander gleich sind. Diese Annahme macht es dann möglich, den Einknickungswinkel selbst aus dem bloßen Werthe der Längenabnahme zu berechnen. Anhang Nr. 98.

Nehmen wir z. B. an, diese betrüge 0,658, so würde der Biegungswinkel 40° gleichen Ein Rechter foderte 0,293 oder beinahe $^3/_{10}$ und ein Winkel von 120° 0,13 des Ganzen. 2095 Anhang Nr. 97. u. 98.

Betrachten wir 0,58 und 0,19 als die durch Beobachtung gefundenen Grenzwerthe der Längenabnahme, so liegen die durchschnittlich hieraus zu berechnenden Winkel zwischen 49°41′ und 108°12′. Das Mittel der Froschmuskel gab 0,71 oder 90°28′. 2096

Trennt man eine Muskelmasse der Quere nach, so kommen die Zickzackbiegungen am Leichtesten zum Vorschein. Es giebt auch Verhältnisse, unter denen man sie ohne Verletzungen der Art in lebenden Thieren beobachten kann. Die oberflächlichen Kehlmuskeln der Frösche und die inneren Bauchraummuskeln mancher Eingeweidewürmer eignen sich hierzu am Besten. 2097

Umwickelte ich einen Frosch mit Leinwand, so daß nur der Kopf und der oberste Theil des Rumpfes frei blieben, spaltete alsdann die Haut der Länge nach von der Mitte des Unterkiefers bis zur Gegend des Brustbeines und quer bis zu den beiden Kieferrändern und legte die oberflächlichen Kiefermuskeln frei, so ließ sich das ganze Thier so unter Wasser bringen, daß man die Fasern der entblößten Muskeln ohne störenden Lichtreflex mikroskopisch beobachten konnte. Die meiste Schwierigkeit bietet hierbei die Athmung dar. Tauchte der Kopf völlig unter, so wurde sie leicht gestört. Der Versuch mißglückte deshalb nicht selten. 2098

Spielten die Kehlmuskeln wie gewöhnlich, so sah man, wie sich ihre Fasern abwechselnd zickzackförmig einlegten und wiederum gerade stellten. Die Blutgefäß- und Nervenstämme, die zwischen ihnen verliefen, schlängelten sich ebenfalls. Dieser Gestaltwechsel wiederholte sich 74 Mal in der Minute in einem genauer geprüften Falle.

R. Wagner[1]) beobachtete, daß die Fasern von Distoma duplicatum in dem unversehrten Thiere Zickzacke bildeten, deren Winkel sich einem Rechten annäherten. Die Frage, ob diese Erscheinungen mit der lebendigen Verkürzung zusammenhängen oder nicht, wird uns später beschäftigen.

Andere Formveränderungen der getrennten Muskelfasern. — Hat man die frischen quergestreiften Muskeln eines Frosches durchschnitten, so nehmen die Enden der Fasern manche eigenthümliche 2099

[1]) R. Wagner, Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. Seite 427.

Formen an. Fig. 32. zeigt uns eine Reihe derselben. Manche Muskelfasern spitzen sich nach oben hin zu, andere dagegen sind ausgebaucht oder selbst wie der Aufschlag eines Rockärmels umgestülpt. Es können überdieß hierbei die mannigfachsten Mittelgestalten vorkommen. Die zugespitzten oder umgeschlagenen Endtheile schließen oft einen Hohlraum ein. Die inneren Fäden sind in diesem Falle tiefer, als die äußeren abgerissen.

Fig. 32.

2100 Diese Bilder erhalten sich längere Zeit. Sie überleben oft die Dauer der Reizbarkeit des Präparates. Es kommt jedoch auch vor, daß ihre Form nach und nach wechselt. Die feineren mikroskopischen Untersuchungen deuten darauf hin, daß sich hierbei die äußeren und die inneren Fäden der Muskelfasern ungleich verhalten [1]).

2101 Die Querstreifen, welche die eine Gruppe der Muskelfasern in hohem Grade charakterisiren, lassen sich nicht in allen Fällen beobachten. Man findet bisweilen Fasern, die nur Längsfäden, andere, die eine ungeordnete und noch andere, die eine regelmäßige Querstreifung darbieten. Diese verschiedenen Bilder lassen sich z. B. in manchen Fischen am Leichtesten wahrnehmen. Es müssen daher hier gewisse Wechselverhältnisse durchgreifen.

2102 Drei bemerkenswerthere Ansichten sind über die Natur dieser Querlinien aufgestellt worden. Die Einen leiten die Querstreifung von einer eigenen gestreiften Scheide, die Anderen von regelmäßig vertheilter Knotenanschwellung und noch Andere endlich von Zickzackbiegungen oder Spiralwindungen der feinsten Muskelfäden her [2]). Wenn dagegen manche Forscher annehmen, daß ein besonderes trennbares Schraubenband die Muskelfaser umgebe, so sprechen die meisten Untersuchungen der übrigen Beobachter gegen diese Anschauungsweise. Es kommt in niederen Wirbelthieren, wie in den Medusen vor, daß die Querstreifen nur während der Verkürzung in die Augen fallen.

2103 Es gelingt bisweilen noch, unvollkommen oder vollständig herumgehende Furchen an einzelnen Muskelfasern wahrzunehmen. Manche ältere, erstarrte Muskeln der Frösche, die der Insekten und anderer wirbelloser Geschöpfe führen am Häufigsten zu solchen Anschauungen.

2104 Hüllen der Muskelfasern. — Die einfache Scheide, Fig. 33., welche jede quergestreifte Muskelfaser umgiebt, das Sarcolemma oder Myolemma ändert nicht selten seine Form, so wie das Präparat mit

[1]) Vergl. Will, in Müller's Archiv. 1843. S. 363. u. Hannover, Ebendaselbst. 1840. Seite 551.

[2]) Will, Ebendaselbst. Seite 353 — 366.

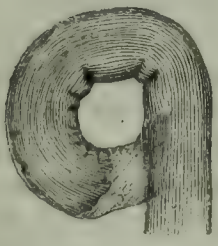
Wasser befeuchtet worden. Ist es nicht zu straff angezogen, so gelingt es bisweilen, einzelne Falten an ihr wahrzunehmen. Biegt sich die Faser kniefömig, so legt sie sich oft in den Winkel der Krümmung hinein. (Fig. 34.) Bildet sie auch nur einen schwachen Bogen, so bemerkt man

Fig. 33.

Fig. 34.

Fig. 35.

Fig. 36.



nicht selten Falten oder Runzeln, die mehr oder minder durchgehen (Fig. 35.). Liegt sie endlich völlig eingerollt, so kann die Spannung an der converen Seite so groß werden, daß ein Zwischenraum das Sarcolemma von der übrigen Muskelfaser trennt, wenn selbst diese noch an den Nachbarstellen faltig zusammengelegt ist (Fig. 36.). Die Wassereinsaugung macht auch örtliche Auftreibungen möglich.

Formveränderung der lebendig verkürzten Muskelfa- 2105
sern. — Die unmittelbare Anschauung lehrt, daß ein Muskel, der sich zusammenzieht, an Länge ab- und in seinem Querdurchmesser zunimmt. Die Art und Weise, wie sich hierbei die letzten Formelemente verhalten, ist noch gegenwärtig in das tiefste Dunkel gehüllt.

Steht das Herz oder das Zwerchfell still, so ruft oft noch der Reiz 2106
des herumschweifenden oder des Zwerchfellnerven neue Zuckungen hervor. Sind diese unvollkommen, so kräuseln sich nur einzelne Muskelfaserbündel. Aehnliche Wellen- oder Zickzackbewegungen kommen oft von selbst an bloßgelegten Muskeln früh getödteter Thiere zu Stande. Leisere mechanische Eingriffe, welche die Oberfläche der Muskeln treffen, können sie ebenfalls hervorrufen.

Erscheinungen der Art bewogen viele Physiologen des vorigen Jahrhunderts, die Muskelzusammenziehung als eine Kräuselung, die sich von

Stelle zu Stelle längs der einzelnen Muskelfasern fortpflanzt, zu betrachten.

2107 Diese Ansicht schien eine neue Stütze gewonnen zu haben, nachdem Prevost und Dumas die Zickzackbildungen der durchschnittenen Muskeln genauer untersucht hatten. Das Vergrößerungsglas lieferte hier eine Formveränderung, welche die Längenabnahme bildlich vor Augen führte. Viele Forscher nahmen daher an, daß der Vorgang der lebendigen Verkürzung auf der gleichen Zickzackbildung beruhe. Die §. 2098. angeführten Verhältnisse, unter denen sie auch in lebenden Geschöpfen abwechselnd hervortreten und verschwinden, konnte als ein fernerer Beweis angesehen werden.

2108 Untersuchungen, die unter stärkeren Vergrößerungen vorgenommen wurden, lehrten zugleich, daß sich häufig die Muskelfasern zusammenziehen und erschlaffen, ohne daß solche Einknickungen in irgend einem Zustande derselben beobachtet werden. Sie ändern sich hierbei nicht an einzelnen Abschnitten, sondern an allen Stellen ihrer Masse. Man bemerkt einen Ruck oder ein wurmartiges Kriechen, das meist im Augenblicke dahineilt. Die Muskulatur der Vorkammern eignet sich z. B. nicht selten, diese Erscheinung vorzuführen. Viele neuere Forscher bezeichneten daher diese Art von Zusammenziehung als die moleculare Verkürzung der Muskeln und glaubten, daß sie neben den Zickzackbeugungen im Leben auftrete.

2109 Es ist Ed. Weber[1]) zuerst nachzuweisen gelungen, daß die Einknickungen der stärkeren lebendigen Zusammenziehung nicht angehören, daß vielmehr die moleculare Veränderung den Vorgang der Verkürzung in jedem Falle beherrscht. Der Wechsel der Zickzackbeugung und Streckung der Fasern, der an den Kehlmuskeln des Frosches beobachtet werden kann (§. 2098.), dauert weniger, als eine Secunde. Es ist daher unmöglich, das, was der Erschlaffung und das, was der Verkürzung zukommt, mit Sicherheit zu unterscheiden. Die früheren Vorstellungen, die man fast allgemein von der Natur der Zickzackbeugungen hatte, mußten die Deutung bestimmen. Dasselbe gilt wahrscheinlich von den ähnlichen Erfahrungen, die an den Eingeweidewürmern gemacht wurden.

2110 Bedient man sich einer einfachen galvanischen Kette, um die Muskelmasse zu reizen, so kehrt derselbe Uebelstand wieder. Die Veränderung währt wiederum nur einen Augenblick. Man hat nicht Zeit genug, sie mit hinreichender Sicherheit aufzufassen und zu zergliedern. Kein Forscher hat übrigens, so viel ich weiß, angegeben, daß sich die Muskelfasern unter dem Einflusse des Galvanismus zickzackförmig beugen.

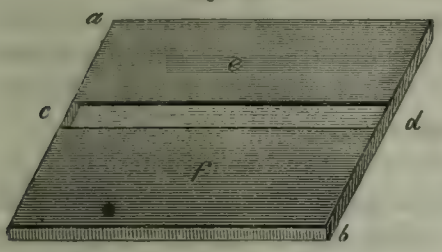
2111 Wir werden später sehen, daß die Muskelmassen, wenn man eine Reihe galvanischer Schläge kurz hintereinander einleitet, anhaltend verkürzt bleiben. Die Rotationsmaschinen und die Magnetelektromotoren (Bd. I. §. 363.) erfüllen diesen Zweck am Einfachsten. Ed. Weber hatte den glücklichen Gedanken, diese Apparate für das Studium der Muskelbewe-

[1]) Ed. Weber, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 61 — 64.

gungen zu gebrauchen und so Erscheinungen zu fesseln, die sonst blitzähnlich dahineilen.

Will man sich die Veränderungen, welche die Muskelfasern während ihrer lebendigen Verkürzung erleiden, zur Anschauung bringen, so gebraucht man als Objectträger ein Stückchen Spiegelglas *ab*, von dem in der Mitte *cd* (Fig. 37.) das Amalgam entfernt worden ist. Hat der Tisch des Mikroskopes zwei Löcher, um das Mikrometer oder einen Schraubtisch einzufügen, so führt man die beiden Leitungsdräthe so durch sie durch, daß ihre mit Seide umsponnenen Stücke das Metall des Mikroskoptisches berühren. Die freien metallischen Enden werden hierauf hackenförmig umgebogen. Man stellt den einen Drath mit seinem freien Ende auf dem Amalgam des Objectglases *e* fest. Das andere Ende bleibt nur wenige Millimeter von dem gegenüberliegenden Theile *f* der Folie entfernt. Eine geringe Bewegung des Drathes reicht hin, auch hier die Berührung einzuleiten oder die Verbindung, wenn sie vorhanden ist, zu unterbrechen.

Fig. 37.



Legt man einen dünnen Abschnitt eines geradfaserigen Muskels, wie des geraden Bauchmuskels, des Armbauchmuskels, des Schenkelbeugers des Frosches quer über den leeren Theil der Spiegelplatte, so daß die Enden desselben auf dem Amalgam ruhen, so hat man es in seiner Gewalt, die Wirkung des Magnetelektromotors durch die Muskelmasse zu leiten oder nicht. Eine Vergrößerung von 27 im Durchmesser reicht hin, die gröberen Veränderungen wahrzunehmen.

Haben sich die Muskelfasern zickzackförmig gebogen, so schwinden die 2112
Einknickungen, so wie der Magnetelektromotor den Starrkrampf herbeiführt. Jede Faser, die sich unter seinem Einflusse zusammenzieht, streckt sich gerade und nimmt an Länge ab, an Breite und Dicke dagegen zu. Besitzt die gesammte untersuchte Muskelmasse den nöthigen Grad von Empfänglichkeit, so erblickt man keine einzige Kniebeugung mehr in dem ganzen Gesichtsfelde. Wird die Verbindung mit dem Magnetelektromotor aufgehoben, so kehren die Einknickungen wieder.

Diese Thatsachen müssen auch der Beurtheilung unvollkommenerer Er- 2113
fahrungen zum Grunde gelegt werden. Setzte nämlich die galvanische Verkürzung die Längenabnahme, welche die Kniebeugungen bedingen, unmittelbar fort, so würden sich die Winkel, die sie bilden, verkleinern. Wirkt aber die moleculare Zusammenziehung den Einknickungen entgegen, so müssen sich jene zweien Rechten um so eher nähern, je tiefer die lebendige Veränderung durchgreift.

Die Reizbarkeit der einzelnen Muskelfasern schwindet in ungleichen 2114
Zeiträumen. Man hat daher häufig ein Stück, in dem noch ein Theil der Fasern den Strom genügend beantwortet, ein anderer dagegen ihn unvollkommen oder gar nicht mehr berücksichtigt. Es erklärt sich hieraus, weshalb man die beiden entgegengesetzten Veränderungen der Zickzackbiegungen im Verlaufe dieser Untersuchungen zu beobachten Gelegenheit hat.

Bediente ich mich der dünneren Schenkelmuskeln der Frösche, so er- 2115
eignete es sich bisweilen, daß einzelne Fasern, die vorher stark eingeknickt waren, stumpfere Winkel unter dem Einflusse des Magnetelektromotors bildeten. Waren sie z. B. früher rechtwinkelig gefaltet, so neigten sich

später ihre Schenkel unter 120° bis 160°. Die Reizbarkeit war offenbar so tief gesunken, daß der Galvanismus nicht mehr die Gewalt hatte, die Faser vollkommen gerade zu strecken, sondern sie nur diesem Zustande möglichst anzunähern.

2116 Andere Präparate zeigten gerade das Entgegengesetzte. Der galvanische Strom führte zu spitzeren Einknickungswinkeln. Wir müssen schließen, daß die Fasern, welche diese Verhältnisse darboten, ihre Empfänglichkeit verloren hatten. Sie wurden aber von der benachbarten noch thätigen Muskelmasse fortgezogen und stärker eingeknickt.

2117 Wir haben früher (Bd. I. §. 78.) bemerkt, daß die mannigfachen Gewebe die Lage ihrer Theile in verschiedener Weise ändern, so wie sie ihrer natürlichen Spannung beraubt werden. Viele Fadencylinder krümmen sich dann wellenförmig in parallelen Bündeln, andere Fasern dagegen nicht. Rührt aber immer die lebendige Verkürzung der Muskelfasern von einer molecularen Veränderung her, so müssen die Zickzackbiegungen dem Verluste der natürlichen Spannung zugeschrieben werden.

2118 Es gehört zu den Ausnahmen, daß sie von vorn herein, wie in den Kehlmuskeln der Frösche vorhanden sind (§. 2098.). Die Ansatzpunkte der meisten Muskeln liegen vielmehr so weit auseinander, daß die Fasern wie Seile schwach angezogen werden und deshalb gerade verlaufen. Durchschneidet man sie an der einen Seite und giebt sie so gleichsam frei, so faltet sich ein Theil ihres Längenverlaufes. Sie verkürzen sich daher. Trennt man sie in einiger Entfernung von Neuem, so wiederholt sich das Gleiche an anderen Stellen. Die Kürze des Abstandes der Durchschnittspunkte hat daher einen wesentlichen Einfluß auf die Größe der Lücke, die hierbei erzeugt wird (§. 2088.).

2119 Die inneren Eigenschaften der Muskelmasse wechseln häufig im Leben, sie ändern sich aber vorzüglich leicht nach dem Tode der Theile. Die Regelmäßigkeit oder Unregelmäßigkeit der Zickzacke, ihre spitzeren oder abgerundeteren Winkel hängen zum Theil mit dem Wechsel des Massenzustandes zusammen. Die Reibung und andere Hindernisse bestimmen außerdem noch die Erscheinungen, die hier auftreten. Künftige Erfahrungen werden aber noch erklären müssen, weshalb die Einflüsse der verminderten Spannung in den Muskelfasern zu anderen Formveränderungen, als in dem Zellgewebe führen, aus welchen Gründen dort scharfwinkelige Einknickungen, hier dagegen leisere Wellenbiegungen vorzuherrschen pflegen. Da die Zickzacke an den einfachen Muskelfasern ebenfalls vorkommen, so kann der Grund der Erscheinung nicht ausschließlich in den besonderen Eigenthümlichkeiten der quergestreiften Gebilde liegen.

2120 Die Gestalten, welche die Endstücke querdurchschnittener Muskelfasern besitzen (§. 2099.), ändern sich oft nicht, wenn selbst der Magnetelektromotor lebhaft einwirkt. Ich konnte wenigstens keinen Formenwechsel in einer Reihe von Präparaten wahrnehmen.

2121 Gebraucht man stärkere Vergrößerungen des Mikroskopes, so stößt die Beobachtung auf manche Schwierigkeiten, weil die Dickenzunahme, welche die Verkürzung begleitet, die Stellen, die man eben im Gesichtsfelde hatte,

den Grenzen der Brennweite entrückt. Gelingt es, dieses Hinderniß zu überwinden, so bemerkt man, daß die noch vollkommen reizbare Faser an allen Punkten breiter wird, daß ihre Querstreifen näher rücken und schärfer hervortreten. Man kann aber nicht der Kleinheit der Theile wegen beobachten, wie sich die einzelnen Längenfasern verhalten, ob sie sich gleichmäßig verbreitern oder nicht. Liegt eine innere Molecularveränderung der Verkürzung zum Grunde, so wird hier immer das Wesentlichste dem sinnlichen Auge eben so gut, als in den Auflösungserscheinungen oder den Wärmewirkungen verschlossen bleiben.

Nimmt auch jede kraftvolle Verkürzung alle Theile der Muskelfaser 2122
gleichzeitig in Anspruch, so scheinen doch schwächere Regungen nur einzelne Abschnitte in Thätigkeit zu versetzen. Die hervorstehenden Muskelfasern ausgerissener Flügelfüße schwingen nicht selten pendelartig hin und her[1]). Die Wirkung scheint sich hier auf umschriebene Stellen zu beschränken. Man bemerkt auch nicht selten an den Muskelfasern des Zwerchfells oder des Herzens der Säugethiere, an denen des Krebses und anderer wirbelloser Geschöpfe, wie die Bewegung wurmförmig fortkriecht und die Seitenränder der Muskelfasern abwechselnde Wellenbiegungen bilden. Verschiedene Stellen des Längenverlaufes arbeiten hier in geordneter Reihenfolge[2]).

Umfangsverhältnisse der erschlafften und der verkürzten Muskeln. — Vergrößert auch die Zusammenziehung die queren 2123
Durchmesser auf Kosten der Länge, so läßt sich hiernach noch nicht beurtheilen, wie sich dabei der Umfang des Ganzen verhält. Er kann eben so gut unverändert bleiben, als zu- oder abnehmen.

Betrachtet man diese Frage von theoretischer Seite, so könnte man 2124
auf den ersten Blick einen Grund finden, weshalb sich das Volumen verkleinern müsse. Die Ernährungserscheinungen führen zu dem Schlusse, daß die Muskelzusammenziehung mit einem Stoffumsatze verbunden ist[3]). Lebhafte Bewegung vergrößert die unmerklichen Ausgaben. Die Arbeit der Muskeln erzeugt wahrscheinlich eine gewisse Menge von unbrauchbaren und daher davongehenden Verbindungen. Entfernen sich diese auf der Stelle, so wird sich die Masse verkleinern (Vgl. auch §. 2129.).

Bedenken wir aber, daß die verhältnißmäßigen Mengen, die ein Fisch oder ein Frosch liefert, sehr gering sind, daß sie nicht ausschließlich von der Thätigkeit der Muskelmassen herrühren und daß sich selbst die Werthe, die ihnen gehören, auf eine Reihe von Zusammenziehungen vertheilen, so müssen Verkürzungen, die kaum länger als eine Minute anhalten, so unbedeutende Mengen liefern, daß sie der feinsten unmittelbaren Messung entgehen. Die Beantwortung der uns hier beschäftigenden Frage kann daher nur auf dem Wege des Versuches erledigt werden.

Die bisherigen Beobachtungen haben bewiesen, daß keine erhebliche 2125

---

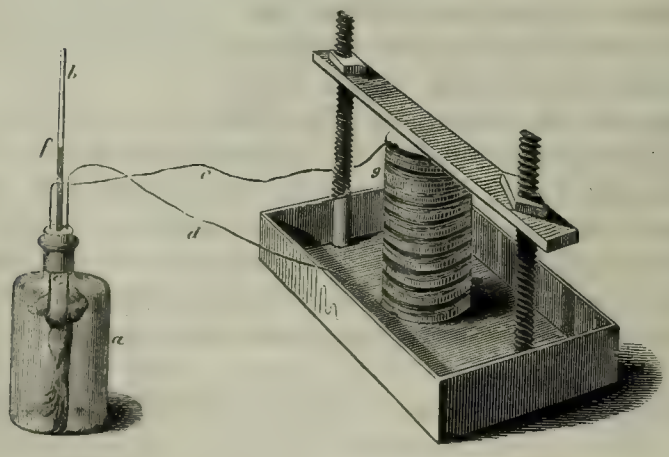
[1]) De functionibus nervorum. Bernae, 1839. 4. p. 124. Remak, in Müller's Archiv. 1843. S. 186. Will, Ebendaselbst. S. 355.
[2]) Vergl. Remak, a. a. O. S. 183 fgg.
[3]) Vergl. Helmholtz, in Müller's Archiv. 1845. S. 72 — 83.

Umfangsveränderung die Muskelverkürzung begleitet. Es ist dagegen noch ungewiß, ob sich das Volumen völlig gleich bleibt oder ob eine höchst unbedeutende Abnahme desselben eintritt. Prevost, Dumas und ich bemerkten keine Raumabnahme in den Fröschen. Matteucci[1]) fand das Gleiche für diese Thiere und den Zitteraal. Ermann dagegen gab an, daß sich der Umfang bei der Verkürzung der Schwanzmuskeln des Aales verkleinert. Marchand kam hier zu zweifelhafteren Ergebnissen. Weber[2]) dagegen glaubt, daß seine an diesem Thiere angestellten Versuche die Volumensverminderung eher bestättigen, als widerlegen. Sie ist jedoch nach ihm so unbedeutend, daß er auch seinen Rechnungen den Satz zum Grunde legte, daß sich die Abnahme der Länge mit der Vergrößerung der Querdurchmesser ausgleicht.

2126 Man kann daher die Frage, ob sich die Muskeln in dem Zustande der Verkürzung verdichten oder nicht, bei der Berechnung des Querschnittes der Fasern und in ähnlichen Aufgaben außer Acht lassen. Denn alle bisherigen genaueren Erfahrungen stimmen darin überein, daß die Messungen, welche die Untersuchung der Kraft und des Nutzeffectes der Muskelfasern fordern, größere Fehlerquellen, als die Vernachlässigung jenes Verhältnisses mit sich führt, einschließen. Es bleibt aber dessenungeachtet wünschenswerth, daß jene zarte Aufgabe mit möglichst feinen Maaßinstrumenten von Neuem geprüft werde. Sollte einst die Wissenschaft so weit fortschreiten, daß man ernstlich den Versuch machen könnte, die innere Natur der Molecularveränderung der verkürzten Muskelfasern physikalisch und mathematisch zu verfolgen (§. 2068. bis §. 2070.), so wird es allerdings von Wichtigkeit sein, bestimmt zu wissen, ob der zusammengezogene Muskel seinen Umfang um eine Minimalgröße ändert oder nicht.

Will man sich schon im Kleinen an einem Froschschenkel überzeugen, daß die Zusammenziehung den Umfang des Muskels in keiner wesentlichen Weise ändert, so wählt man eine Flasche, *a*, Fig. 38., in deren Hals ein genau eingeschliffener, mit drei Löchern versehener Bleizapfen paßt. Eine Röhre *b*, die 2 bis 3 Millimeter im Lichten mißt, geht durch die mittlere Oeffnung. Zwei Kupfer- oder Messingdräthe, *c* und *d*, die mit Ausnahme ihrer hackenförmig gebogenen Endstücke mit Siegellack überzogen sind, werden durch die beiden anderen Löcher des Zapfens hindurchgeführt. Ist dieses geschehen, so überzieht man dessen obere und untere Fläche mit Fett, so daß Alles vollkommen schließt.

Fig. 38.



[1]) C. Matteucci, Leçons sur les phenomènes physiques des corps vivants. Paris, 1847. 12. p. 306. 307.

[2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 52 — 54.

Ein reizbarer enthäuteter Froschschenkel *e*, Fig. 38., wird an den Hacken der Dräthe *c* und *d* aufgehängt und in die Flasche *a*, nachdem man sie mit lauwarmem Wasser bis an ihren Rand gefüllt hat, eingeführt. Stößt man nun den Bleizapfen rasch ein, so daß er die Flüssigkeit, die in dem Flaschenhalse vorhanden ist, verdrängt, so steigt ein Theil derselben in der Röhre *b* bis *f* in die Höhe.

Das lauwarme Wasser gewährt den Nutzen, daß sich die Reizbarkeit länger erhält. Man kann daher eine größere Reihe von Versuchen an einem Präparate anstellen.

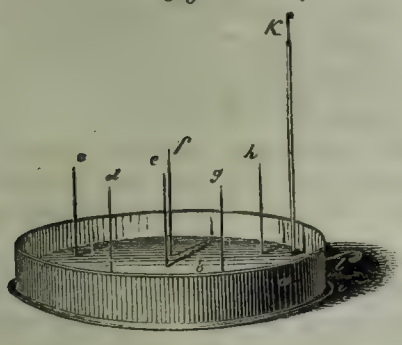
Sollen Erfahrungen der Art sichere Schlüsse gestatten, so müssen alle Luftbläschen, die mechanisch hängen geblieben, entfernt werden. Denken wir uns, es sei noch eine gewisse Menge derselben vorhanden und sie hätten einen Druck ausgehalten, so könnten sie vermöge ihrer Compressionselasticität (Bd. I. §. 71.) nachgeben. Man erhielte so eine Raumverminderung, die nur von zufälligen Nebenverhältnissen abhinge.

Die Gasbläschen haften am Leichtesten an dem Präparate selbst und an der Unterfläche des Zapfens. Man muß sie daher vor dem Schlusse des Ganzen durch anhaltendes Klopfen und Schütteln forttreiben und lieber das Ganze von Neuem herrichten, als einen Uebelstand der Art zurücklassen. Ist alle sichtbare Luft entfernt, so verschließt man die Vorrichtung mit Fett oder Wachs, stellt sie senkrecht und bringt den Drath *d* in bleibende Verbindung mit einer galvanischen Säule *g* oder einem Magnetelektromotor. Berührt man dann das andere Ende mit *c*, so zieht sich der Froschmuskel zusammen. Aenderte sich sein Umfang in irgend bedeutender Weise, so müßte auch der Flüssigkeitsspiegel *f* der Steigröhre *b* wechseln. Man kann sich aber selbst unter der Loupe überzeugen, daß er auf seinem früheren Orte bleibt, so lange nicht mechanische Erschütterungen, Gasblasen und andere Nebenverhältnisse störend eingreifen.

Da die Fehlerquellen des Versuches mit der Masse der thätigen Muskeln abnehmen, so ist es vortheilhafter, eine Reihe von Fröschen auf ein Mal zu gebrauchen. Eine Vorrichtung, die mir Gerber verfertigte, macht diese Vervollständigung möglich.

Man befestigt sechs rechtwinkelig gebogene Eisendräthe *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, Fig. 39., mit Schellack an dem Boden *b* eines Untersatzes von Pappdeckel *a*. Die kleineren Schenkel derselben stehen, wie es die Abbildung zeigt, aufrecht. Die wagerechten werden bis auf einen theilweise verkürzt und dann zusammengeflochten. Man erhält so einen Hauptleitungsdrath *i*, der die übrigen metallisch berührt.

Fig. 39.



Ein zweiter, knieförmig gebogener Drath *k* (Fig. 39.) durchdringt eine andere Oeffnung des Pappdeckels *a*. Sein senkrechtes aufsteigendes Stück ist mit Siegellack, mit Ausnahme des obersten hackenförmig gekrümmten Endes überzogen. Es ragt so sehr in die Höhe, daß es beinahe bis zu dem Dache des bald zu erwähnenden Umsturzglases emporgeht. Das untere Ende seiner wagerechten Abtheilung *l* tritt in ähnlicher Weise wie *i* hervor.

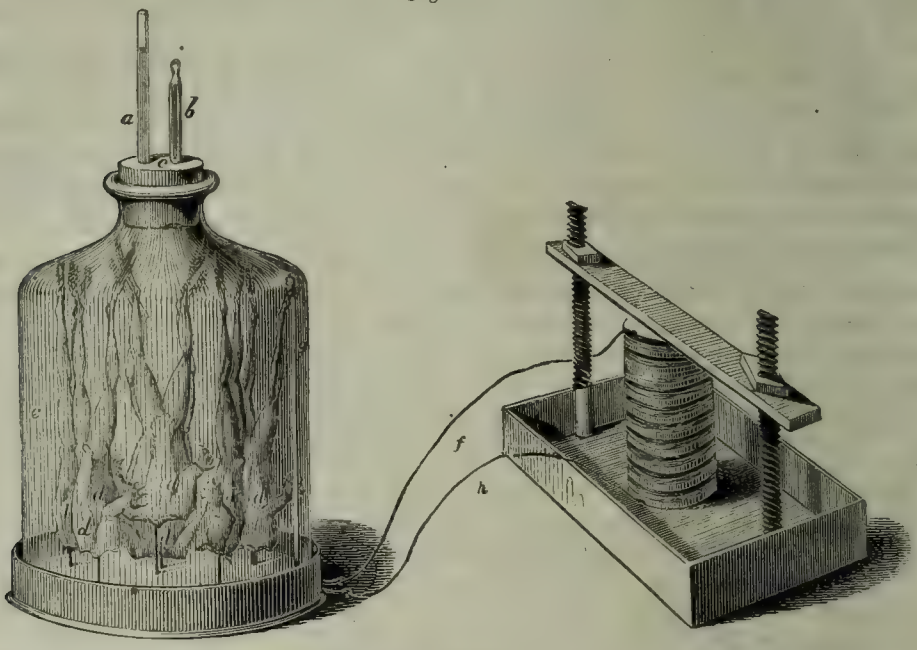
Die Höhlung des Untersatzes *b* wird mit einer warmen Mischung von gleichen Theilen Wachs und Colophonium ausgegossen. Diese Masse erstarrt bald und erlangt dann einen bedeutenden Grad von Härte. Stößt man in sie ein erwärmtes, unten offenes Glas, so schließt das Ganze nach dem Erkalten wasserdicht.

Man schneidet deshalb den Boden einer Flasche, die $^3/_4$ bis $^4/_5$ Liter mißt, ab und verschließt ihren erwärmten Hals mit einem Zapfen, dessen Oberflächen mit Siegellack überzogen sind. Der Pfropfen *c* führt eine vollkommen cylindrische Röhre *a*, Fig. 40., die ungefähr 1 Decimeter lang ist, $3^1/_2$ Millimeter im Lichten hat und eine in Millimeter getheilte Skale führt. Eine andere Röhre *b*, die oben in eine feine Spitze ausläuft und eben so weit, aber nur etwa halb so lang ist, geht durch eine zweite Oeffnung des Zapfens. Das größere Rohr durchsetzt den ganzen Pfropfen, während das kleinere nur in seinen oberen Theil eindringt. Ein kegelförmiger Raum, dessen Spitze nach oben sieht, ist dafür unten ausgeschnitten. Das Ganze wird zuletzt sorgfältig verkittet.

Man enthauptet dann sechs kräftige Frösche, weidet sie unter lauwarmem Wasser

aus und steckt sie unmittelbar auf die Dräthe *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* (Fig. 39.), so daß diese in den Wirbelcanal eindringen (*d* Fig. 40.). Ein Gehilfe erhitzt indeß den unteren

Fig. 40.



Theil der abgeschnittenen Flasche, stürzt sie auf die Ueberzugsmasse der Höhlung des Pappdeckels und drückt sie in sie ein. Trifft man die gehörige Wärme, so erstarrt die Masse, in welche das Glas eingepreßt worden, binnen Kurzem. Lauwarmes Wasser wird nach *a* mittelst eines kleinen Trichters, bis *b* vollkommen mit Flüssigkeit gefüllt ist, nachgegossen. Zeigen sich noch einzelne Gasbläschen, so entfernt man sie auf das Sorgfältigste durch Klopfen und Schütteln. Bleiben sie in den engen Röhren, *a* oder *b*, haften, so hilft man mit einem eingeführten feinen Drathe nach.

Man umwickelt hierauf den Hals der Flasche, den freien Theil des Zapfens *c*, Fig. 40. und die unteren Stücke der Röhren *a* und *b* mit Leinwand und läßt wieder laues Wasser längs der Wände von *a* herabrinnen, bis es zur Spitze von *b* hervortritt. Diese wird dann abgetrocknet und verkittet.

Hat man sich nochmals von der Abwesenheit von Gasbläschen überzeugt, so bringt man *i*, Fig. 39., mit dem Drathe *h*, Fig. 40., einer galvanischen Säule *i* in unverrückbare und *l*, Fig. 39., mit *f*, Fig. 40., in bewegliche Verbindung. Alle sechs Frösche strecken sich, so wie man die Kette schließt. Da der Strom von den sechs kleineren Dräthen *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, Fig. 40., nach der allein freien Hackenspitze von *k* geht, so muß seine größte Stärke die Hauptmasse des Rückenmarkes und der Nerven unmittelbar durchsetzen.

Bedient man sich lauwarmen Wassers, so braucht man sich nicht mit dem Versuche zu beeilen. Obgleich ich diese Beobachtungen im December und an Fröschen, die schon einige Zeit in einem künstlichen Teiche ohne weitere Nahrung aufbewahrt worden waren, in einem mäßig erwärmten Zimmer anstellte, so erhielt sich doch die Reizbarkeit vier Stunden lang.

Beobachtete ich den Spiegel, der in *a*, Fig. 40., befindlichen Flüssigkeit mit dem Vergrößerungsglase, so blieb er in den meisten genau ausgeführten Versuchen vollkommen ruhig, die Muskeln mochten erschlafft oder verkürzt sein. Waren aber nur wenige Luftbläschen vorhanden, so schwankte er schon um ungefähr $\frac{1}{2}$ Millimeter im Augenblicke der Zusammenziehung. Hatte sich mehr Gas angehäuft, so stieg der Unterschied auf 2 Millimeter. Bemerkte man keine Gasbläschen, so kam es in Einzelfällen vor, daß eine Abweichung von ungefähr $\frac{1}{4}$ Millimeter eintrat. Diese Angaben beruhen auf mehr als 40 Einzelbeobachtungen.

Ein leicht erklärliches Verhältniß kann übrigens hier die Ergebnisse schwankend machen. Geht der galvanische Strom durch, so wird Wasser zersetzt. Man bemerkt auch bald, daß sich Gasbläschen an dem freien Ende des Drathes *k*, Fig. 40., anhäufen. Erhält man daher auch keine Schwankung des Flüssigkeitsspiegels im Anfange des Versuches, so tritt sie nach öfterer Wiederholung der Galvanisation hervor. Man muß daher *b* öffnen, die Luftbläschen entfernen und das Ganze auf die früher geschilderte Weise von Neuem herstellen.

Aenderte sich die Säule, so sank sie nicht immer im Augenblicke der Zusammenziehung. Sie stieg vielmehr dann in den meisten Einzelbeobachtungen. Es kam auch vor, daß sie im ersten Augenblicke fiel, und dann emportrat, um später von Neuem herabzugehen.

Nehmen wir aber auch an, daß selbst die ¼ Millimeter betragende Abweichung einer wahren Volumensänderung der Muskeln zuzuschreiben sei, so läßt sich leicht zeigen, wie unbedeutend sie im Verhältniß zur Gesammtmasse ausfiel. Die sechs Froschpräparate hatten ein Volumen von 101,87 C. C. Rechnen wir selbst nur, daß die Hälfte davon auf die Muskelmasse kam — eine Schätzung, die offenbar sehr ungünstig ist, so haben wir 50,94 C. C. Die Skalenröhre maß 0,35 Centimeter im Lichten. Berechnen wir das Ganze als Cylinder, so gab ½ Millimeter Schwankung 0,0048 Cubikcentimeter oder mehr als $^1/_{10000}$ der eher zu klein als zu groß angenommenen Muskelmasse.

Ermann fand, daß die Säule um 9 bis 11 Millimeter sank, wenn ein 1 bis 1,4 langes Stück eines Aalschwanzes in Thätigkeit gesetzt wurde. Wiederholte Marchand denselben Versuch mit ausgekochtem Wasser, und brachte noch das Ganze unter die Luftpumpe, so erhielt er $^1/_{10}$ Cubikcentimeter Ausschlag. Dieser vergrößerte sich aber um das Doppelte, sobald das Auspumpen unterlassen wurde. Hatte Ed. Weber das Thier unter Milch gehalten, und die ganze Vorrichtung unter der Luftpumpe behandelt, so sank doch noch die Säule, während sich die Muskeln zusammenzogen. Die gegenseitigen Werthe der hierbei beobachteten Raumverminderung lassen sich nicht bestimmen, weil die Durchmesser der Steigröhre und die Volumina der Muskelmassen in der Mittheilung dieser Versuche nicht angegeben wurden.

Bereiten wir uns feine Querschnitte eines Muskels mittelst des Dop- 2127
pelmessers, so finden wir, daß nicht alle Fasern vollkommen cylindrisch sind. Da ihre Form nicht mathematisch genau bestimmt werden kann, da überdies viele von ihnen kreisförmige Flächen auf ihren queren Trennungsstücken darbieten, so werden wir uns nicht sehr von der Wahrheit entfernen, wenn wir die Cylindergestalt den allgemeinen Berechnungen zum Grunde legen.

Aendert die Verkürzung das Volumen gar nicht, so reicht die Län- 2128
genabnahme unter jener Voraussetzung hin, um die Vergrößerung der Querdurchmesser der Muskelfasern zu finden. Die Grundlage der Rechnung führt dann zu einer quadratischen Gleichung, aus der sich ergiebt, daß der Halbmesser um beinahe ⅗ seines früheren Werthes zunimmt, wenn sich die Masse um ⅘ verkürzt. Erreicht ihre Längenabnahme ⅘ der ursprünglichen Zahl, so steigt die Verbreiterung auf mehr als das Doppelte. Sie beträgt dagegen weniger als die Hälfte, wenn sich die Länge um gerade die halbe Größe verringert.

Anhang Nr. 99.

Wären selbst alle Muskelfasern vollkommen cylindrisch, so ließen sich 2129
doch diese Werthe nicht mit völliger Schärfe auf die Veränderungen, die ein geradfaseriger Muskel erleidet, übertragen. Das Verhalten der Nachbargebilde könnte manche untergeordnete Unterschiede bedingen. Wir haben früher (Bd. I. §§. 1072. und 1106.) gesehen, daß die Muskelverkürzung den Blutlauf zu stören vermag. Es wäre möglich, daß eine gewisse Menge von Ernährungsflüssigkeit in benachbarte nachgiebigere Räume

übergetrieben würde. Dieses Verhältniß mußte dazu beitragen, das Gesammtvolumen des verkürzten Muskels zu verkleinern (§§. 2124. 2125.). Da aber ihr Einfluß der Hauptsache gegenüber in den Hintergrund tritt, so kann er bei den gewöhnlichen Schätzungen unbeachtet bleiben. Man vermag daher solche Berechnungen auf Muskeln, wie den Brustzungenbein-, den Brustschildknorpelmuskel, den Kopfnicker, den geraden Bauchmuskel, den Schneidermuskel überzutragen.

2130 Gehen dagegen die Muskelfasern in den mannigfachsten schiefen Richtungen dahin, so ändern sich die Erscheinungen in wesentlicher Weise. Wollte man z. B. die Länge der Wadenmuskeln bestimmen, indem man den Abstand des oberen und des unteren Ansatzes der Muskelmasse an die Sehnensubstanz zu messen suchte, so erhielte man schon von vorne herein einen unrichtigen Grundwerth. Viele Fasern haben gar nicht diese angenommene Länge ihres schiefen Verlaufes wegen. Die Zunahme der Dicke ließe sich hieraus noch weniger berechnen, weil die einzelnen Faserelemente nicht parallel der gemessenen Linie dahingehen, sondern sie unter den mannigfachsten Winkeln durchschneiden. Die Verbreiterung kann sich daher nicht gleichartig vertheilen. Man muß deshalb solche Bestimmungen an Muskeln, die Fasern von sehr ungleicher Länge und verschiedener Stellung besitzen, aufgeben.

2131 *Wirkung äußerer Einflüsse auf die quergestreiften Muskelfasern.* — Manche, ihrem Wesen nach noch unbekannte Anregungen des Nervensystems zwingen die Muskelfaser sich zusammenzuziehen. Wir schreiben die Wirkung dem Willen zu, wenn sonst keine äußere Veranlassung zu diesem Anstoße vorliegt. Es ereignet sich aber auch häufig genug, daß Bedingungen, die in den Gleichgewichtsstörungen der Nervenmassen liegen, dieselben Erfolge veranlassen. Aeußere aufgedrungene mechanische, thermische, elektrische oder chemische Reize können zu dem gleichen Ergebnisse führen. Sie wirken aber auch, wenn man nicht die bewegenden Nerven oder deren Centraltheile, sondern die Muskelmassen selbst anspricht. Wir erhalten so zweierlei Reizungsgebiete, die entfernteren Nervengebilde und die sich sichtlicher bethätigenden Muskelgruppen. Die Versuche haben zu entscheiden, inwiefern diese Mannigfaltigkeit der Anspruchsorte die Größe und die Art der Verkürzung ändert.

2132 Soll man die Wirkungen fremdartiger Reize genügend beurtheilen können, so muß man sicher sein, daß kein anderes störendes Nebenverhältniß die Beobachtung trübt. Der Wille des lebenden Thieres ist im Stande, Bewegungen an den verschiedensten Stellen hervorzurufen und sie dem Grade nach zu verstärken oder zu schwächen. Die Antwort, die wir hier erhalten, wird daher häufig durch Nebeneinflüsse getrübt. Da sich aber die Reizbarkeit eine Zeit lang nach dem Tode erhält, so vermeidet man diese Klippe, wenn man Geschöpfe, deren Leben kurz vorher vernichtet worden, gebraucht. Frösche eignen sich hierzu am Besten, weil ihre Muskeln eine lange Zeit hindurch empfänglich bleiben.

2133 Das Rückenmark und die anderen Centraltheile des Nervensystems

können noch die Einflüsse eines örtlichen Reizes allgemeiner verbreiten. Man muß daher in vielen Fällen Präparate wählen, in denen nur die peripherischen Nervenstämme und die Muskeln der Einwirkung unterliegen. Die Hinterbeine des Frosches eignen sich hierzu am Zweckmäßigsten.

Fig. 41.

Man schneidet den Oberschenkel eines enthaupteten Thieres der Art aus dem Hüftgelenke, enthäutet ihn vollständig, legt ein Stück des Hüftnerven *aedb*, Fig. 41., frei, und entfernt alle übrigen Weichgebilde bis zur Mitte des Schenkels oder bis zur Grenze des Kniegelenkes. Jede Regung der Unterschenkelmuskeln *c* läßt sich dann leicht beobachten. Hat man ein längeres Nervenstück nöthig, so verfolgt man zuerst den Hüftnerven in das Lendengeflecht, trennt dieses so hoch als möglich, und verfährt sonst, wie es eben angegeben worden.

2134 Die Muskeln des Gesichts, des Augapfels, der Zunge und des Gaumens, der Stimmwerkzeuge, des Rumpfes und der Extremitäten können zu Reizversuchen in höheren und niederen Geschöpfen gebraucht werden. Es kommt zwar vor, daß sie von selbst zucken. Diese Störung mangelt aber auch häufig und läßt sich oft, wie wir sehen werden, willkührlich beseitigen. Muskelmassen dagegen, wie das Blutgefäßherz, die Lymphherzen, das Zwerchfell, die im Leben anhaltend klopfen, bieten diese Vortheile nicht dar. Ihre abwechselnde Thätigkeit dauert oft nach dem Tode von selbst fort. Hat sie aufgehört, so belebt sie sich häufig von Neuem. Es liegt oft in unserer Gewalt, ihre Unruhe anzuregen. Wir sind aber nicht im Stande, sie, ohne daß die Reizbarkeit für immer vernichtet würde, aufzuheben. Die Wirkung einer Reizung kann für eine kürzere oder längere Frist fortdauern. Die Ergebnisse werden dann durch unbekannte Nebenverhältnisse getrübt. Handelt es sich daher um den Nachweis der allgemeinsten und einfachsten Grundverhältnisse, so muß man diese Gebilde möglichst vermeiden.

2135 Da man meist an Theilen frisch getödteter Thiere arbeitet, so sinkt die Reizbarkeit um so mehr, je längere Zeit nach dem Absterben verstrichen ist. Man untersucht daher hier Kraftwirkungen, die nur unter gewissen, später zu erwähnenden Ausnahmen stetig abnehmen. Wir werden sehen, daß sich dieser Uebelstand in dem peripherischen Nerven in anderem Maaße, als in dem Muskelstücke selbst kund giebt.

2136 Die Fasern des Hüftnerven *ab*, Fig. 42., hingen ursprünglich mit dem Rückenmarke und den Muskeln *c* zusammen. Man sagt daher, daß die Richtung, die von *a* nach *c* geht, centrifugal und die entgegengesetzte centripetal verläuft. Die bewegenden Nerven pflanzen ihre Anregung nach den Muskeln hin fort. Trifft dagegen ein Empfindungseindruck ein Sinneswerkzeug, so strömt ein Aequivalent desselben nach den auffassenden Theilen des Gehirns. Wir haben daher dort centrifugale und hier centripetale Wirkungen.

2137 Fig. 42.

Sollen Erfolge zu Stande kommen, so darf nicht der Inhalt der Nervenprimitivfasern seinen natürlichen Zusammenhang verloren haben. Ist dieses der Fall, so hört die Leitung an der Verletzungsstelle auf. Es bleibt hierbei gleichgültig, ob die Fortpflanzungsmasse der Nervengebilde mechanisch oder chemisch gestört wurde.

2138 Nehmen wir an, der Punkt *e* (Fig. 42.) des Hüftnerven *ab* sei durch Druck oder die Wirkung einer Säure unbrauchbar gemacht, so wird ein Reiz, der ihn in *a* trifft, keine Muskelzusammenziehung hervorrufen, weil die centrifugale Fortpflanzung der äquivalenten Anregung ein unübersteigliches Hinderniß in *e* findet. *d* dagegen wird sich trotz der Verletzung regelrecht verhalten.

2139 Man sieht leicht, daß der Unterschied der centrifugalen und der centripetalen Strömung, den die Bewegungs- und die Empfindungsnerven darbieten, diese Verhältnisse wesentlich ändern muß. Ist die Leitung in *d* unterbrochen, so werden noch Reize, die zwischen *d* und *c* liegen, motorisch wirken. Enthielte aber auch *ab* Empfindungsfasern, so könnten diese nicht mehr die Aequivalente ihrer Eindrücke von *b* aus dem Rückenmarke zuführen. Der Theil *ad*, der jenseits von *d* liegt, verhält sich umgekehrt. Sprechen wir *e* an, so entsteht noch Empfindung, aber keine Bewegung.

2140 Die örtliche Zerstörung hemmt daher die Einflüsse der bewegenden Nervenstücke, die zwischen dem Centraltheile und der Verletzungsstelle, und die der empfindenden, die zwischen ihr und dem peripherischen Endgebilde liegen. Will man dieses kurz ausdrücken, so sagt man auch häufig, daß die empfindenden Fasern nur oberhalb und die bewegenden unterhalb des Trennungsortes antworten.

2141 Mechanische Reize. — Sie wirken im Allgemeinen schwächer, wenn sie die rothe Muskelmasse selbst, als wenn sie die bewegenden Nerven angreifen. Streicht man die bloßgelegten Wadenmuskeln eines lebenden Frosches mit einem zugeschmolzenen Glasstabe, so bemerkt man höchstens eine feine Kräuselung, die sich durch eine ungleiche Vertheilung des Lichtes und Schattens verräth. Kneipt man einen Muskel mit der Zange, so erhält man meist nur örtliche Wirkungen. Selbst diese bleiben aber noch häufig aus. Werden die Muskeln bei der Absetzung eines Gliedes durchschnitten, so ziehen sie sich nicht bloß ihrer veränderten Spannung wegen zurück, sondern zucken auch bisweilen eine Zeit lang. Es fragt sich jedoch, ob nicht diese Erscheinung von dem Einflusse, den die Luft oder die Verletzung auf die Nerven ausübt, abhängt (§. 2243.).

2142 Eine übermäßige Spannung kann kräftige Zusammenziehungen hervorrufen. Binden wir die beiden Enden des vollkommen losgetrennten Schenkelbeugers eines Frosches an zwei bewegliche Pflöcke und entfernen

diese von einander, so ereignet es sich nicht selten, daß der Muskel bei einem gewissen sehr großen Grade der Dehnung von selbst zu zittern anfängt. Verhältnißmäßig kräftige Schläge wiederholen sich dann meist mehrere Male schnell hinter einander. Die Reizbarkeit selbst geht hiermit größtentheils zu Grunde. Der heftig angespannte Muskel antwortet fast nie mehr auf galvanische Ströme. Es gehört zu den Seltenheiten, daß sich seine Thätigkeit später, nachdem die künstliche Ausdehnung zu wirken aufgehört hat, von Neuem belebt.

Die Nerven beantworten mechanische Reize mit größerer Pünktlichkeit. 2143
Quetschen wir den Hüftnerven im Ganzen, so zucken die meisten Muskeln des Unterschenkels und des Fußes. Wiederholen wir die Wirkung an einem kleineren Nervenstamme, so beschränkt sich auch die Verkürzung auf einen kleineren Bezirk von Muskeln.

Dieser Unterschied erklärt sich aus der Verbreitungsweise und den Lebenseigenschaften der peripherischen Nervenfasern. Der Hüftnerve enthält eine gewisse Menge derselben, die sich dann auf seine untergeordneten Zweige vertheilen. Jeder Ast führt eine geringere Zahl von Fasern und versorgt auch mit diesen einen kleineren Bereich des Muskels. Da sich aber das Aequivalent des Reizes nur centrifugal verbreitet, so muß auch der Anspruch eines Nebenzweiges beschränktere Wirkungen bedingen.

Die Art und die Geschwindigkeit des mechanischen Anspruches kann 2144
den Erfolg wesentlich ändern. Haben wir ein ganz frisches Froschpräparat, so bleiben oft alle Muskeln ruhig, wenn wir auch den Hüftnerven mit einer sehr scharfen Scheere vollständig, aber rasch durchschneiden. Wiederholen wir denselben Eingriff mit einem stumpferen Instrumente, so erhalten wir die gewöhnlichen Zusammenziehungen. Wir können hieraus schließen, daß mechanische Reize, deren Dauer hinter einer gewissen Grenze zurückbleibt, ihre Wirkung verlieren.

Drücken wir einen Nerven, so verkürzen sich die entsprechenden Mus- 2145
keln; sie erschlaffen aber binnen Kurzem von Neuem. Man hat also hier einen Wechselkrampf vor Augen. Umschnürt man dagegen den Hüftnerven mit einem Faden und zieht diesen immer fester und fester an, so kann es gelingen, daß eine starrkrampfähnliche Zusammenziehung während der ganzen Versuchszeit fortdauert [1]). Die immer wiederholten neuen Reize lassen dann nicht die Zwischenerscheinung der Ruhe aufkommen.

Nysten [2]) nahm an, daß die Muskeln des Menschen für mechanische 2146
Reize längere Zeit nach dem Tode, als die Nerven empfänglich bleiben. Die Thierversuche zeugen eher für das Gegentheil. Die Muskeln lebender Geschöpfe antworten selbst häufig gar nicht oder nur unbedeutend. Die Nerven dagegen versagen nicht nach dem Tode, so lange die Reizbarkeit anhält. Manche scheinbare Ausnahmen dieses Satzes werden uns in der Folge beschäftigen.

---

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 12.

[2]) P. H. Nysten, Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques pour faire suite à celle de Bichat sur la vie et la mort. Paris, 1817. 8. p. 302.

2147 **Licht.** — Die großen Arbeitskräfte, welche einzelne im Dunkeln lebenden Thiere, wie der Maulwurf, entwickeln, lehren deutlich, daß das Licht keine unerläßliche Bedingung für das Gedeihen der Muskelthätigkeit bildet Schwinden Geschöpfe, die sonst im Hellen leben, im Dunkeln langsam dahin, so liegt die Ursache ihrer Schwäche nur darin, daß die Nebenbedingungen die Ernährung des ganzen Körpers durchgreifend stören.

Das Licht übt keinen besonderen eigenthümlichen Einfluß auf die Reizbarkeitsverhältnisse frisch getödteter Thiere aus. Nur die mit ihm verbundene Wärmeerzeugung kann in auffallenderer Weise eingreifen.

2148 **Wärme.** — Wir haben schon früher (Bd. I. §. 316. bis 339.) gesehen, wie sehr die Kälte oder die Wärme die Muskelthätigkeit der lebenden Geschöpfe hemmt oder begünstigt. Die Temperaturverhältnisse bestimmen nicht minder die Reizbarkeitsdauer abgestorbener Thiere.

2149 Läßt man das eine Bein eines enthaupteten Frosches in Eis und das andere in der Luft, die z. B. 20° C. hat, liegen, so kann man sich bald von dem nachtheiligen Einflusse der Kälte überzeugen. Die Reizbarkeit der künstlich abgekühlten Muskeln geht ungleich früher zu Grunde. Rühren die Stücke von warmblütigen Geschöpfen her, so erhält sich die Empfänglichkeit nur einige Minuten in niederen Wärmegraden.

2150 Ist sie noch nicht vollkommen verschwunden, so kann sie die Erwärmung von Neuem beleben. Legen wir ein Froschpräparat abwechselnd in Eis und in Wasser von 37°5 C., so findet sich, daß derselbe galvanische Strom lebhaftere Zuckungen im Warmen, als im Kalten erzeugt. Dieser Wechsel der Thätigkeit kann mehrere Male hinter einander angeregt werden. Die Reizbarkeit sinkt nur um so mehr, je tiefer die Kälte durchgegriffen hat. Das ausgeschnittene Froschherz klopft oft schneller und lebhafter, so wie man es künstlich, jedoch nicht zu sehr erwärmt.

2151 Die Temperaturerhöhung, die sich in mäßigen Grenzen hält, begünstigt daher die noch mögliche Kraftentwickelung der Muskeln. Ist dagegen die Reizbarkeit bis zu einem gewissen Grade gesunken, so wirkt die Wärme unvollkommener. Da jene Belebung an losgeschnittenen Froschschenkeln nachgewiesen werden kann, so ergiebt es sich von selbst, daß sie nicht nothwendiger Weise der Nebenhilfe des Kreislaufes, des Gehirns und des Rückenmarkes bedarf.

2152 Lauwarmes Wasser begünstigt in hohem Grade die Dauer der Reizbarkeit (§. 2126.). Man kann aber auch häufig bemerken, daß Muskeln, die man in Wasser von etwas geringeren Wärmegraden liegen läßt, länger als andere, die sich in der Luft befinden, empfänglich bleiben. Die Einflüsse der Verdunstung scheinen hierbei die Hauptrolle zu spielen. Eintrocknende Muskeln verlieren auch ihre Lebenseigenschaften in kürzeren Zeiträumen.

2153 Tauchen wir einen Muskel in verhältnißmäßig heißes Wasser, so wird er bald blasser und schrumpft auf der Stelle ein. Der höhere Grad von Steifheit, den er hierdurch erhält, kann sich aber einige Stunden später vermindern.

Die Längsfäden und die Querstreifen der Muskelfasern erhalten sich

indeß. Man bemerkt häufig einzelne tiefe Runzeln, die meist nicht vollständig um die ganze Faser herumgehen. Diese sichtliche Formveränderung scheint jedoch nur von untergeordneter Bedeutung zu sein. Die Haupteingriffe beziehen sich auf die Molecularverhältnisse der Muskelmasse.

Kochendes Wasser läßt die Muskeln noch stärker einschrumpfen. Hat 2154
sich aber einmal der innere Zusammenhang eines Muskels auf die eben erwähnte Weise verändert, so ist auch die Reizbarkeit für immer verloren.

Da der Erfolg von dem Reizbarkeitszustande selbst abhängt, so läßt 2155
sich nur in annähernder Weise bestimmen, bei welchem Wärmegrade das Verkürzungsvermögen zu Grunde geht. Die Prüfung in freier Luft kann hier leicht Täuschungen veranlassen, weil die Verdunstung und der Wärmeeinfluß einander entgegenarbeiten. Man muß daher warme Flüssigkeiten als Prüfungsmittel gebrauchen.

Ich konnte die Unterschenkelmuskeln kräftiger Winterfrösche eine Minute lang in Wasser von 38° bis 38°5 C. halten, ohne daß ihre Bewegungskraft aufhörte. Hatten sie dagegen dieselbe Zeit in Wasser von 41° bis 42° C. verweilt, so schrumpften sie sogleich ein, verloren ihre Empfänglichkeit und wurden brüchiger, als sie früher waren. Der Unterschenkel und der Fuß streckten sich hierbei. Die Zehen breiteten sich so sehr aus, daß die Schwimmhaut straff ausgespannt wurde. Wollte man die Gelenke beugen, so konnte dieses nur, wenn man die Muskelfasern selbst zugleich durchriß, erreicht werden. Ließ man dagegen ein solches Präparat 4 bis 5 Stunden liegen, so hatte indeß die Biegsamkeit der Glieder in merklichem Grade zugenommen. Diese Erfahrung lehrt von Neuem, daß sich die Molecularverhältnisse der Muskelmasse sehr leicht ändern.

Die Wärme vermag in doppelter Weise auf die bewegenden Nerven 2156
einzuwirken. Sie zerstört deren Kraft, so wie sie zu stark durchgreift. Ueberschreitet sie dagegen nicht eine gewisse Grenze, so bildet sie eine vorübergehende, unschädliche oder selbst unterstützende Anregung. Berühren wir den Hüftnerven eines Froschpräparates mit einem glühenden Drathe, so zucken die Muskeln des Unterschenkels und des Fußes. Sie antworten später nur auf Reize, die unterhalb, nicht aber auf andere, die oberhalb der Verbrennungsstelle angebracht werden. Der Eingriff gleicht in diesem Falle der vollständigen Quertheilung der Primitivfasern (§. 2137.). Tauchen wir dagegen den heraushängenden Nerven in Wasser von 38° C., so ziehen sich zwar auch die Muskeln im Augenblicke zusammen. Der gleiche Versuch kann aber mehrere Male hinter einander wiederholt werden, ohne daß nothwendiger Weise immer tiefere Stellen der Wirkung der warmen Flüssigkeit ausgesetzt zu werden brauchen.

Wir wissen, daß äußere Einflüsse den Nerveninhalt sichtlicher, als die 2157
Muskelfasern verändern. Er gerinnt oft in kaltem Wasser, das noch keinen merklichen Formenwechsel der Muskelfasern herbeiführt. Es ließe sich hiernach vermuthen, daß die Muskeln ihre Empfänglichkeit in noch höheren Wärmegraden, als die Nervenfasern bewahren werden. Die Erfahrung deutet aber ziemlich klar an, daß die Temperaturgrenzen, denen beide Gebilde unterliegen, weniger, als man glauben sollte, abweichen. Die Nerven-

fasern vertrugen in meinen früheren Versuchen Wasser von 38° C. ohne Nachtheil. Sie verloren aber ihre Kräfte, so wie sie eine Minute lang in Wasser von 41° C. verweilt hatten. Die Schädlichkeitsgrenze glich also hier so sehr als möglich der der Muskeln. Spätere Versuche bestättigten noch, daß sie ungefähr bei 40° bis 45° C. für beide Gebilde liegt.

Hat man die Kraft eines Nervenstückes durch Eintauchen in heißes Wasser zerstört, so kann man nur mechanische oder chemische Reize zu ferneren Versuchen gebrauchen. Galvanische Ströme führen leicht zu Täuschungen, weil die Flüssigkeit, die an der Verletzungsstelle haftet, als guter Leiter zu wirken und die Elektricität weiter zu verbreiten im Stande ist.

2158 Künftige Erfahrungen werden noch entscheiden müssen, ob Muskeln, die sich in der Luft und nicht unter Wasser befinden, eine etwas größere Hitze vertragen oder nicht. Genaue Untersuchungen der Art stoßen auf manche Schwierigkeit, weil der erwärmte Luftraum mit Wasserdünsten in vollkommenstem Maaße gesättigt sein muß. Wäre dieses nicht der Fall, so würde die Muskelmasse bald eintrocknen und schon auf diese Weise an Kraft verlieren.

2159 Wir werden später sehen, daß Wasser von 40° bis 50° C., das längere Zeit wirkt, das Spiel unserer Tastnerven beeinträchtigt. Sollten daher auch die höheren Geschöpfe dieselbe Grenze für die bewegenden Nervenfasern darbieten, so ließe sich hieraus erkennen, weshalb die Natur die Eigenwärme jener Wesen unter 45° C. hält. Jede höhere Temperatur würde die Moleculareigenschaften der wirksamen Gebilde stören. Der Wärmegrad dagegen, welcher durch die übrigen Organisationsverhältnisse gegeben ist, kann die günstigsten Bedingungen der Kraftentwickelung liefern. Gilt dieses aber auch für den Menschen, die Säugethiere und die Vögel, so müssen doch die Nerven- und Muskelgebilde anderer Wesen, wie z. B. der Infusorien, die in heißen Quellen leben, jene beschränkte Grenze der Temperaturverhältnisse überschreiten können.

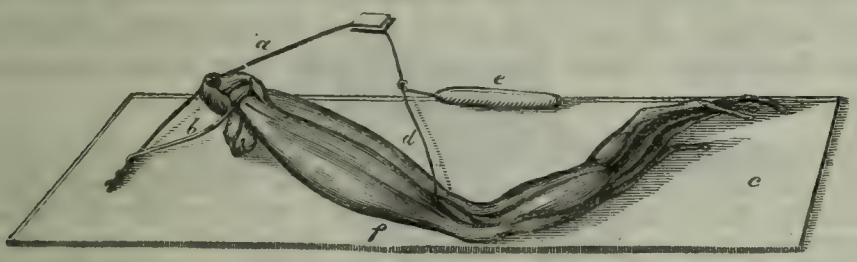
2160 Lehrt auch die Erfahrung, daß Wasser, welches mehr als 45° C. hat, die Lebenseigenschaften der Muskeln und der Nerven vernichtet, so dürfen wir hieraus noch nicht mit Gewißheit schließen, daß diese Hitze das Verkürzungsvermögen der Muskelfasermasse selbst aufhebt. Wir werden später sehen, daß es noch unentschieden ist, ob sich die quergestreiften Fasern nur unter der Anregung ihrer bewegenden Nerven zusammenziehen oder nicht. Nehmen wir für den Augenblick an, ihre Verkürzung sei ohne Nerven unmöglich, so kann das auf 45° C. erwärmte Wasser die Kräfte der feinsten Nervennetze, die sich in dem Muskel verbreiten, aufheben, ohne daß schon die Muskelfaser selbst den zu ihrer Unthätigkeit erforderlichen Grad der Molecularveränderung erreicht hat.

2161 Elektricität. — Jede Art derselben, sie mag durch Reibung, Berührung, chemische Gegensätze, Wärmeunterschiede oder magnetische Ströme erzeugt werden, kann die bewegenden Nerven oder die Muskeln anregen. Wir haben schon früher (Bd. I. §. 360. bis 364.) die allgemeinen Wirkungen der Reibungs- und Inductionselektricität kennen gelernt. Es bleibt uns daher nur hier noch übrig, die Verkürzungserscheinungen, wie sie sich an Froschpräparaten und in lebenden Wesen zeigen, im Einzelnen durchzugehen.

Sollen sich die Muskeln zusammenziehen, so brauchen nur schwache 2162
elektrische Ströme den Nerven, die Muskelfasern oder beide Theile zugleich zu durchsetzen. Ein leiser Schlag einer Elektrisirmaschine oder einer Leidener Flasche kann gerade die lebhaftesten Zuckungen in einem Froschpräparate herbeiführen. Wir werden bald sehen, daß der chemische Gegensatz, den verschiedenartige thierische Gewebtheile oder mannigfache Stellen eines und desselben Gewebes darbieten, genügt, um hinreichend kräftige elektrische Ströme zu erzeugen. Bedient man sich aber des Kupfers und des Zinkes, so ist schon eine einfache, aus sehr kleinen Platten bestehende Kette im Stande, die heftigsten Wirkungen zu veranlassen.

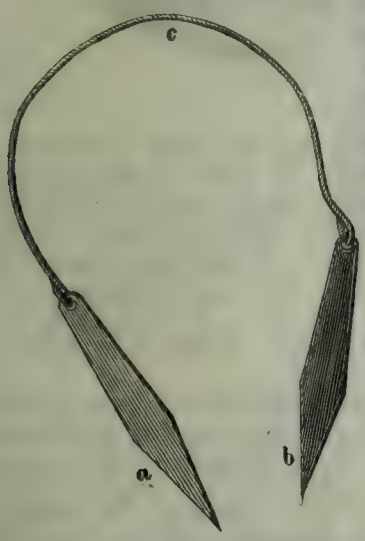
Man schneidet sich zu diesem Zwecke ein quadratisches Kupfer- und ein Zinkplättchen von 2 Millimeter Grundfläche aus, und läßt jedes von ihnen in einen längeren drathartigen Streifen *a* und *d*, Fig. 43., übergehen. Ein Stückchen mit Wasser ge-

Fig. 43.



tränkten Löschpapiers kommt als feuchter Leiter zwischen die Platten. Der Nerve *b* eines auf einem Glase *c* ausgebreiteten Froschpräparates wird um den Drath *a* gewickelt und bleibt so mit ihm in beständiger Verbindung. *d* dagegen liegt auf den Muskelmassen *f* beweglich auf. Ein mit Siegellack überzogener Haken *e* dient dazu, *d* von *f* zu entfernen und wiederum mit ihm in Berührung zu bringen. Ist das Präparat reizbar genug, so erhält man nicht selten so starke Zuckungen, daß das ganze Schenkelstück von der Glasplatte fortspringt.

Fig 44.



Johannes Müller und R. Wagner [1]) bedienen sich einer ganz einfachen Kette, die recht gute Dienste in kleineren Versuchen leistet. Eine rautenförmige Kupfer- und eine gleich große und eben so gestaltete Zinkplatte *a* und *b*, Fig. 44., sind mittelst eines durchflochtenen Kupferdrathes gegenseitig verbunden. Man hat hierbei keinen feuchten Leiter nöthig. Legt man nur die eine Spitze an den Nerven und die andere an den Muskel, so gelangt man in den meisten Fällen zum Ziele.

Will man stärkere Ströme gebrauchen, so kann man sich eine gewöhnliche galvanische Säule aufbauen. Man stößt aber hier auf den Uebelstand, daß die Kraft des Stromes mit der Zeit abnimmt. Die Größe der Bewegung, welcher der Muskel unterliegt, sinkt daher nach und nach. Wir werden sehen, daß sich hiermit manche Täuschungsquelle verbinden kann.

Eine sogenannte constante Kette gewährt daher günstigere Verhältnisse. Eine Bunsen'sche Zinkkoh-

[1]) R. Wagner, Lehrbuch der speciellen Physiologie. 3te Aufl. Leipzig, 1845. 8. S. 490.

Fig. 45.

lenkette (Fig. 45.) deren Einrichtung wir schon Bd. I. Seite 186 und 187 kennen gelernt, genügt hier in den meisten Fällen. Man kann sich zwar mittelst der Tangentenboussole überzeugen, daß ihr Strom ebenfalls noch von Zeit zu Zeit wechselt. Die Unterschiede fallen aber, so lange das Ganze kräftig wirkt, geringer aus, als in jeder der gewöhnlichen galvanischen Säulen oder der gebräuchlichen Trogapparate.

Die Rotationsmaschinen (Bd. I. Seite 188.) und die Magnetelektromotoren (Bd. I. Seite 189 u. 190.) können endlich noch häufig mit Nutzen angewendet werden. Wir werden aber in der Folge die Gründe darstellen, weshalb man die Magnetelektromotoren den Rotationsapparaten vorziehen muß.

2163 **Da schon sehr unbedeutende galvanische Ströme lebhafte Muskelzuckungen veranlassen können, so nahmen früher viele Forscher an, daß die reizbaren Froschpräparate die empfindlichsten Galvanometer seien. Mehrere Erfahrungen, die wir noch später kennen lernen werden, widerstreiten diesem Ausspruche. Man kann sich aber auch schon an den mitgetheilten Strömen überzeugen, daß er nicht allgemein richtig ist.**

Man umwickelt ein ungefähr 3 Decimeter langes und 2 bis 5 Millimeter dickes Hufeisen mit umsponnenem Kupferdrath, so wie es Fig. 46. für gewisse physikalische, elektromagnetische Vorrichtungen darstellt, und umgiebt es dann so genau als möglich mit Schraubenwindungen von Messing oder Eisendrath. Bringt man die beiden Enden des Kupferdrathes *a* und *b*, Fig. 46., mit einer einfachen kleinen galvanischen Kette und die

Fig. 46.

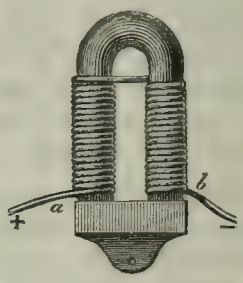
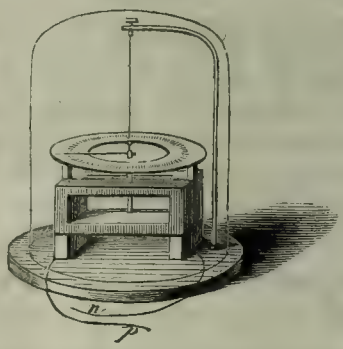


Fig. 47.



des Messing- oder Eisendrathes mit den Leitern *n* und *p*, Fig. 47., eines empfindlichen Galvanometers (Bd. I. S. 178. Fig. 54.) in Verbindung, so weicht die Magnetnadel bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette ab, sie steht dagegen während der Dauer des Schlusses, sobald sie nicht mehr nachschwingen kann, still. Gebrauchte ich z. B. ein Schröder'sches Galvanometer mit 1800 Windungen, und ein Zink-Kupferplattenpaar von 5 Quadratmillimeter Oberfläche, während mit Wasser oder einer Salzlösung durchfeuchtetes Löschpapier als Leiter diente, so erhielt ich + 10° bis + 20° Abweichung bei dem Schlusse und — 2° bis — 5° bei der Oeffnung der Kette. Wirkte diese unmittelbar ein, so wurde die Nadel im Kreise gewaltsam fortgerissen.

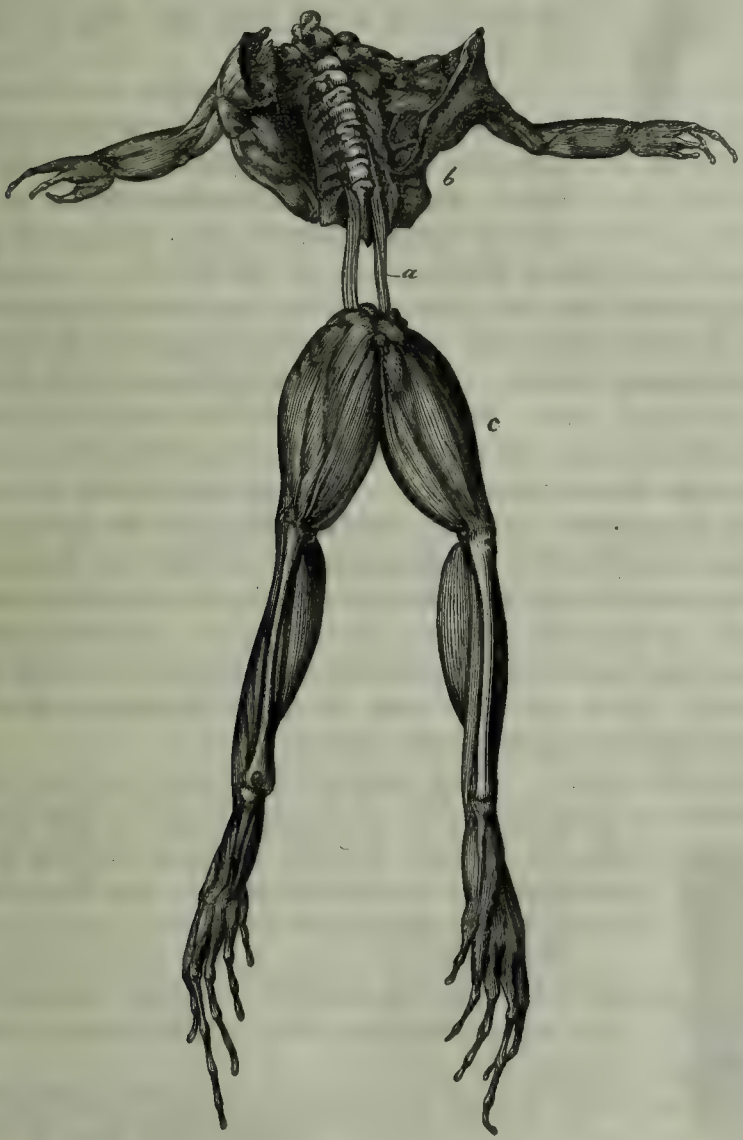
Man reinigt hierauf die freien Messing- oder Eisendrathenden des Hufeisens auf das Sorgfältigste und bringt sie mit dem Nerven und dem Muskel eines auf einer Glasplatte ausgebreiteten Froschpräparates in Verbindung. Ist die Reizbarkeit nicht so groß, daß schon die Metallberührung überhaupt Zuckungen veranlaßt, so regt auch der mitgetheilte Strom, der noch deutlich auf die astatische Nadel eines empfindlichen Galvanometers wirkt, keine Zusammenziehung an. Die physikalische Vorrichtung ist daher hier empfindlicher, als das Froschpräparat.

Die Muskeln können sich bei dem Schließen, dem Oeffnen oder 2164
in beiden Fällen zusammenziehen. Man spricht daher auch von einer Schließungs- und einer Oeffnungszuckung.

Sollen die thierischen Theile des Froschpräparates selbst als Erreger 2165
des galvanischen Stromes thätig sein, so reicht es nicht hin, daß man nur einen Schenkel enthäutet und zusammenbiegt. Man muß sich zu diesem Zwecke wirksamere und bequemere Stücke verfertigen.

Sind der Kopf, die Eingeweide und die Bauchdecken eines Frosches entfernt und hat man das Uebrige enthäutet, so geht man mit einer Scheere zwischen den Nerven des Lendengeflechtes, *a* Fig. 48., und übrigen Weichgebilden durch und entfernt diese so weit, als es Fig. 48. zeigt. Die beiden Beine hängen daher nur an den starken Nerven *a*, welche die einzige Verbindung mit dem Vorderkörper *b* herstellen.

Fig. 48.



Biegt man *c* ſo um, daß es *a* oder *b* berührt, ſo gelingt es in glücklichen Ausnahmsfällen Zuckungen zu erhalten. Es kommt auch vor, daß die bloße Berührung des Nerventheils *d* und des Muskels *c* Fig. 49. eines einfachen Froſchpräparates genügt, um zu dem gleichen Ziele zu gelangen.

Fig. 49.

2166 Beobachtungen der Art wurden von Humboldt, Ritter, Pfaff, Joh. Müller und mir gemacht. Sie gelingen aber kälteren Gegenden ſo ſelten, daß man hier ganze Verſuchsreihen vergebens anſtellt. Das Frühjahr und der Sommer ſind im Allgemeinen die Jahreszeiten, in denen man ſich am Häufigſten von dieſen Erſcheinungen überzeugt. Fehlte die Wirkung, ſo konnte ich ſie auch nicht dadurch hervorrufen, daß ich alle Theile 4 bis 5 Minuten lang in Waſſer von 38° C. liegen ließ.

2167 Die chemiſche Verſchiedenheit der Oberflächen des Nerven, des Muskels und der anderen in Berührung gebrachten Gebilde reicht, wie wir früher (Bd. I. §. 352.) ſahen, hin, einen galvaniſchen Strom zu erzeugen. Iſt die Empfänglichkeit groß genug, ſo genügt er auch, um ausgedehntere Verkürzungen der Muskelfaſern hervorzurufen.

2168 Bedient man ſich eines oder mehrerer losgetrennter Stücke von Weichgebilden deſſelben oder eines anderen Froſchpräparates, ſo glücken ſchon die Beobachtungen leichter. Alex. v. Humboldt und Joh. Müller erhielten Zuckungen, wenn ſie den Nerven und den Muskel mit einem anderen Muskelſtücke mittelſt eines Siegellackhandgriffes in Berührung brachten. Derſelbe Verſuch gelang mir, wenn ich den Nerven allein an abgeſchnittene Muskelſtücke anlegte. Diente aber nur die freie unverſehrte Oberfläche eines Muskels als Zwiſchenglied, ſo blieb die Wirkung aus.

2169 Man kann ſich auch zuſammengeſetzter thieriſcher Ketten bedienen, um zum Ziele zu kommen. Humboldt legte z. B ein Muskelſtück an den Nerven und ein zweites an den Muskel und verband beide durch eine dritte Muskelmaſſe. Man gebraucht auch oft ganze Reihen von Weichgebilden z. B. Schenkelſäulen zu demſelben Zwecke.

Dieſe von Matteucci [1]) zuerſt angegebene Verbindungsweiſe leiſtet in der Regel gute Dienſte. Man bereitet ſich eine Reihe abgerundet kegelförmiger Stücke aus den Oberſchenkeln mehrerer Fröſche und höhlt ihre Oberfläche ſo aus, wie es in umgekehrter Weiſe bei der Abſetzung der Gliedmaßen des Menſchen geſchieht. Die Kegel werden dann, wie es Fig. 50. zeigt, an einander gelegt.

Fig. 50.

Wir haben früher (Bd. I. §. 352.) geſehen, daß ſich der Querſchnitt eines Muskels entgegengeſetzt elektriſch zur Oberfläche deſſelben zu verhalten pflegt. *ab* und *bc* (Fig. 48.) bieten daher verſchiedene elektriſche Spannungen dar. Berührt der Nerve beide zugleich,

[1]) C. Matteucci, Traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux, suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la Torpille par P. Savi. Paris, 1844. 8.

so erhält man leicht Zuckungen. Dieselbe Ursache liegt wahrscheinlich dem §. 2168. angeführten Doppelversuche zum Grunde.

Die Schenkelsäule wirkt schon häufig, wenn man sie nur mit dem Nerven eines auf einer Glasplatte ausgebreiteten Froschpräparates mit der Hand in Berührung bringt. Eine bessere Isolation führt aber sicherer zum Ziele. Man schiebt das Froschpräparat in eine Glasröhre *a*, Fig. 51., und läßt nur den Nerven frei heraushängen. Legt man

Fig. 51.

diesen an die beiden entgegengesetzt elektrischen Flächen der Schenkelsäule und wiederholt die Schließung und Oeffnung, so erhält man meist sehr bestimmte Wirkungen. Die Versuche gelingen selbst oft an Fröschen, die lange Zeit im Kalten und ohne Nahrung aufbewahrt worden sind.

Entblößt man den Brustmuskel eines lebenden Säugethiers oder Vo- 2170
gels und legt den heraushängenden Nerven (Fig. 51.) an die freie Oberfläche und in das Innere der Wunde, so zucken bisweilen die Unterschenkelmuskeln des Frosches auf das Lebhafteste. Dieser Versuch gelang mir noch vollständig, wenn ich ein schon erkaltetes Stück des großen Brustmuskels einer kurz vorher getödteten Taube gebrauchte. Das Froschpräparat zuckte immer, wenn Nerv und Muskel mit dem Querschnitt und der freien Oberfläche, nie aber, wenn sie mit der letzteren allein in Berührung kamen.

Da auf diese Art die Muskelmassen schwache elektrische Ströme an- 2171
zeigen können, so bedient man sich auch ihrer, um die Anwesenheit von geringen galvanischen Spannungsverhältnissen nachzuweisen. Man spricht in diesem Sinne von *galvanoskopischen Froschpräparaten*.

Fremdartige Körper können gleich den organischen Erregern wirken. 2172
Wasser, das außerdem vorhanden ist, oder die Feuchtigkeit, welche die thierischen Theile überzieht und durchdringt, bildet dann den passendsten Leiter und Vermittler des Ganzen.

Taucht man den Hüftnerven eines Froschpräparates in ein und die 2173
Unterschenkelmuskeln in ein zweites mit Wasser gefülltes Glas und verbindet beide Gefäße mittelst eines Baumwollendochtes, so entstehen bisweilen nach *Nobili* Zuckungen bei dem Schlusse der Kette. Die Spannung, welche die gegenseitigen Wirkungen der Baumwolle, der Muskeln und übrigen organischen Theile hervorrufen, reicht hin, die Reizbarkeit in Thätigkeit zu setzen.

Die kräftiger wirkenden Metalle gestatten noch einfachere Versuche. 2174
Ist das Froschpräparat empfänglich genug, so braucht man nur den Nerven mit einer Kupferplatte zu berühren, um eine Schließungs- und selbst noch in günstigem Falle eine Oeffnungszuckung zu erhalten. Es kommt auch vor, daß sich die letztere allein einstellt.

2175 Antwortet der Muskel auf keine der eben erwähnten Anspruchsweisen, so zuckt er noch häufig, wenn der Nerv eine Metallplatte eine Zeit lang berührt hat. Läßt man ihn eine Minute oder länger auf Zink, Kupfer, Silber, Platin, Gold oder Eisen liegen, so zieht er sich nicht selten zusammen, so wie man die Verbindung ohne alle mechanische Erschütterung unterbricht. Glas ersetzt hier nicht die Wirkung der Metalle.

2176 Die Erwärmung oder andere Einflüsse, die ebenfalls mit Temperaturerhöhung verbunden sind, z. B. die Reibung, begünstigen den Erfolg. Man kann die Erfahrung machen, daß ein Präparat, das vorher die längere Einwirkung einer Zinkplatte unbeantwortet ließ, mit demselben Metallstücke, nachdem dieses erhitzt oder gerieben worden ist, zuckt. Das Gleiche wiederholt sich, wenn man den Nerven auf eine Metallplatte, nicht aber, wenn man ihn auf Glas herabfallen läßt. Die Wirkung erhöht sich, so wie man einen Wassertropfen zwischen dem Nerven und dem Metall einschaltet.

2177 Berührt ein einziges Metall den Muskel allein, so bedarf es eines hohen Grades von Reizbarkeit, wenn sich die Fasern zusammenziehen sollen. Die größere Empfindlichkeit des Nerven, die sich in den meisten Fällen zu erkennen giebt, kann in zweierlei Ursachen liegen. Es ist möglich, daß der Nerveninhalt eine geringere galvanische Spannung für seine Thätigkeit nöthig hat. Man kann sich aber auch vorstellen, daß die verschiedenen Punkte der Oberfläche eines und desselben Nerven ungleichere Anregungen, als die des unverletzten Muskels darbieten.

2178 Da der Nerv und der Muskel ungleichartige Körper sind, so ergiebt sich von selbst, daß wir ein Metall unter den günstigsten Bedingungen wirken lassen, wenn wir es an beide zugleich anlegen. Die Erfahrung bestättigt auch, daß in diesem Falle die Zuckungen geringere Grade der Reizempfänglichkeit voraussetzen.

2179 Sind zwei Metalle, welche ein feuchter Leiter verbindet, thätig, so wird sich die Spannung unter sonst gleichen Verhältnissen vergrößern. Der Grad dieser Wirkung hängt aber von der Natur der vereinigten Körper ab. Enthält der feuchte Leiter Verbindungen, wie Schwefelsäure, Salzsäure, Kochsalz oder Salmiak, die zugleich auf die Metalle wirken, so begegnen wir stärkeren Spannungen, als wenn er aus bloßem Wasser besteht. Die Natur der Metalle selbst ist nicht minder von wesentlichem Einflusse. Das eine muß den positiven und das zweite den negativen Erreger abgeben. Die Art, wie dieses geschieht, hängt von ihrer ursprünglichen Molecularbeschaffenheit und ihrer gegenseitigen Verbindung ab.

Zink verhält sich z. B. zu Kupfer positiv und Kupfer wiederum positiv zur Kohle; diese ist aber in Verhältniß zum Zink negativer, als in dem zum Kupfer. Wir erhalten daher zwar schon eine nicht unbedeutende Spannung, wenn wir Zink und Kupfer, wie in den gewöhnlichen galvanischen Säulen verbinden. Sie vergrößert sich aber unter sonst gleichen Bedingungen in der Bunsenschen Säule (Bd. I. §. 363.), weil hier die Kohle als negativer Erreger thätig ist.

Man sieht leicht, daß ein und derselbe Körper in Verhältniß zu einem stärkeren positiven negativ und einem stärkeren negativen gegenüber positiv

wirken kann. Sucht man eine Zahl von Stoffen so zu ordnen, daß sich jeder von ihnen zu dem nächst vorhergehenden negativ und dem unmittelbar folgenden positiv oder umgekehrt verhält, so hat man eine fortlaufende Spannungsreihe (Vgl. Bd. I. §. 353.).

Blieben sich alle Erscheinungen gleich, so müßte eine Spannungs- 2180
reihe, die man mittelst des Galvanometers ermittelt hat, für die sämmtlichen übrigen Elektricitätswirkungen gelten. Die bis jetzt gewonnenen Erfahrungen widersprechen jedoch dieser Voraussetzung. Die Funkenbildung gehorcht zum Theil anderen Normen als die Ablenkung der Magnetnadel. Die physiologischen Erscheinungen steigen und fallen häufig eher mit der Stärke der Lichtentwickelung, als mit der der chemischen Zersetzung oder der magnetischen Ströme, welche der Galvanismus erzeugt. 2181

Man muß unter diesen Verhältnissen untersuchen, in wiefern die Spannungsreihe, die mittelst der Magnetnadel und des Condensators gefunden wurde, für die physiologischen Wirkungen gilt oder nicht. Der Vergleich stößt auf viele Schwierigkeiten, weil die vorzüglichsten Erfahrungen, die man in dieser Hinsicht besitzt und die von Ritter herrühren, aus den Zeiten der Kindheit der galvanischen Forschungen stammen. Stellen wir seine Spannungsreihe mit der von Poggendorff für die Magnetnadel angenommene Skale zusammen, so erhalten wir:

Spannungsreihe = + −				Spannungsreihe = + −			
Nro.	physiologische nach Ritter.	Nro.	mittelst der Magnetnadel u. des Condensators ermittelte nach Poggendorff	Nro.	physiologische nach Ritter.	Nro.	mittelst der Magnetnadel u. des Condensators ermittelte nach Poggendorff.
1	Zink	1	Zink	16	Bleiglanz	16	Arsenik
2	Blei	2	Kadmium	17	Zinngraupen	17	Chrom
3	Zinn	3	Mangan	18	Kupfernickel	18	Silber
4	Eisen	4	Blei	19	Schwefelkies	19	Nickel
5	Wismuth	5	Zinn	20	Kupferkies	20	Quecksilber
6	Kobalt	6	Eisen	21	Arsenikkies	21	Schwefelkupfer
7	Arsenik	7	Stahl	22	Palladium	22	Schwefelkies
8	Kupfer	8	Uran	23	Graphit	23	Tellur
9	Messing	9	Messing	24	Krystallisirtes Manganoxyd	24	Gold
10	Spießglanz	10	Kupfer			25	Bleiglanz
11	Platin	11	Magneteisenstein			26	Kohle
12	Gold					27	Platin
13	Quecksilber	12	Kupfernickel			28	Graphit
14	Silber	13	Kobalt			29	Mangansuperoxyd
15	Kohle	14	Wismuth				
		15	Antimon				

Jede folgende Nummer verhält sich hierbei negativ zu der unmittelbar vorhergehenden und positiv zur nachfolgenden derselben Tabelle. Ließe

sich auf diesen Erfahrungen mit Sicherheit fußen, so müßte man schließen, daß nicht unbedeutende untergeordnete Verschiedenheiten in beiden Spannungsreihen vorkommen.

2182 Da der Leitungswiderstand der Körper, die der galvanische Strom durchsetzt, die Wirkung bestimmen hilft, so werden auch die Metalle, aus denen die Poldräthe bestehen, und die thierischen Theile, an denen sie liegen, ihre Einflüsse ausüben. Messing und Platin wirken daher schlechter, als Kupfer, und Eisen besser, als Messing.

2183 Wir haben früher (Bd. I. §. 357.) gesehen, daß die Oberhaut den Leitungswiderstand erhöht. Ist noch das Froschpräparat von seiner Haut bekleidet, so liefert es auch schwächere Wirkungen, als wenn die Muskeln frei liegen.

2184 Die Feuchtigkeit, welche die Theile durchdringt, begünstigt den Erfolg. Sie kann aber auch leicht zu Täuschungen Veranlassung geben. Da sie einen guten Leiter bildet, so verbreitet sie den Strom auf entfernte Theile, bis zu denen sie vordringt. Wir erhalten daher Wirkungen, die von den Einflüssen der Reizungsstelle unabhängig sind. Es können sich z. B. auf diese Weise die Muskeln der Hinterbeine, wenn man die Armnerven nach Zerstörung des Rückenmarkes anspricht, zusammenziehen.

2185 Will man dieses vermeiden, so stehen zweierlei Mittel zu Gebote. Man bedient sich nur sehr schwacher elektrischer Ströme, oder bringt die Enden der Poldräthe, so nahe als es irgend angeht, zusammen. Wir werden in der Folge sehen, wie es auf diese Weise möglich wird, die Abhängigkeit einzelner Erscheinungen von kleinen Nervenbezirken nachzuweisen.

2186 Vergrößert sich die Berührungsfläche, so muß sich auch die Wirkung verstärken. Legt man die Endspitzen der Poldräthe an ein Froschpräparat ohne Erfolg an, so zucken oft noch die Muskeln, wenn man längere Drathoberflächen oder Metallblätter zu dem gleichen Zwecke gebraucht.

2187 Vermehrt man die Zahl der Plattenpaare, so verstärkt sich natürlich der galvanische Strom. Der Einfluß, den er auf die Nerven und die Muskeln ausübt, erhöht sich zwar. Er wächst aber nicht immer in gleichem Grade mit der anregenden Spannung. Ueberschreitet diese ein gewisses Maximum, so hört auch die Verstärkung der Muskelwirkung auf.

2188 Es versteht sich von selbst, daß der Reizbarkeitszustand des Präparates die Grundlage aller Erfolge bildet. Frisch eingefangene oder zweckmäßig ernährte Frösche dienen daher am Besten. Die Wärme und die Rückkehr der Geschlechtsthätigkeit begünstigen nicht selten die Wirkungen.

2189 Da alle Versuche an Theilen frisch getödteter Thiere angestellt werden

Fig. 52.

müssen (§. 2132.), so schwindet allmählig die Reizbarkeit unter den Händen des Beobachters. Verfolgt man die Erscheinungen genauer, so findet man, daß die Unempfänglichkeit des bewegenden Nerven in centrifugaler Richtung (§. 2136.) fortschreitet. Antwortet *a* nicht mehr, so brauchen wir nur die Dräthe an *b* anzulegen, um Zuckungen zu erhalten. Ist auch *b* unwirksam geworden, so bleiben noch spätere Strecken oder Aeste, die schon bei *c* in die Muskelmasse eindringen, empfänglich.

Ueberläßt man das Froschpräparat sich selbst, so sinkt wahrscheinlich 2190
seine Kraft stetig, bis sie für immer verloren geht. Haben wir dagegen die Muskeln unter dem Einflusse galvanischer Ströme anhaltend zucken lassen, so tritt bald ein Zeitpunkt ein, in dem sie nicht mehr antworten. Ruht dann das Ganze, so finden wir, daß es später von Neuem auf elektrische Reize antwortet. Die Muskeln ziehen sich nur in der Regel schwächer, als im Anfange zusammen.

Die Richtung, in der die galvanische Erregung einströmt, übt oft 2191
einen bestimmten Einfluß auf die Zeit des Erscheinens und die Größe der Zuckung aus. Marianini suchte diese Verhältnisse auf ein bestimmtes Gesetz, das auch seinen Namen führt, zurückzuführen.

Nennen wir einen Strom, der von dem freien Stücke des Nerven nach den Muskelmassen des Froschpräparates, also von *a* nach *c*, Fig. 53., geht, centrifugal und den, der von *c* nach *a* verläuft, centripetal, so erzeugt die centrifugale positive Strömung leichter Schließungs- als Oeffnungszuckungen; die centripetale dagegen begünstigt die umgekehrte Wirkung. Ein centrifugaler negativer Strom verhält sich, wie ein centripetaler positiver.

Fig. 53.

Legt man den Zinkpol an *a* und den Kupferpol 2192
an *c* Fig. 53., so müßte man nach dem Marianinischen Gesetze Schließungszuckungen und gar keine oder schwächere Oeffnungszusammenziehungen erhalten. Wechselt man die Dräthe, so würde auch die Unterbrechung der Kette die Zuckungen mehr begünstigen, als der Schluß.

Es gelingt bisweilen, die Erscheinungen, die das Gesetz fordert, an lebenden Fröschen und an zweckmäßig bereiteten Präparaten zu beobachten. Man stößt aber häufig genug auf Abweichungen. Der Zustand der Reizempfänglichkeit, die Ungleichheit des galvanischen Stromes, die Ableitung der Durchfeuchtungsflüssigkeiten und die bald zu erwähnenden Verhältnisse der Voltaischen Alternative können leicht die wechselndsten Ergebnisse herbeiführen.

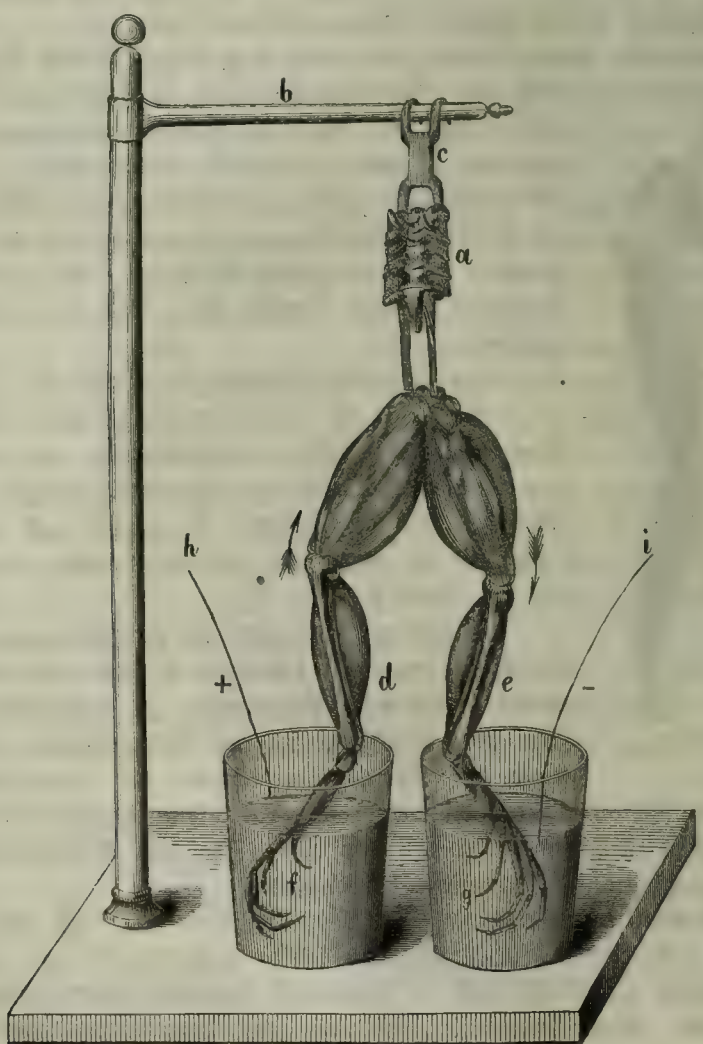
Der Einfluß der Voltaischen Alternative läßt sich mit größerer 2193
Sicherheit nachweisen. Leiten wir eine Reihe positiver Ströme centrifugal ein, so werden nach und nach die Zuckungen schwächer und bleiben endlich gänzlich aus. Das Präparat muß eine Zeit lang ruhen, wenn es sich

unter denselben Verhältnissen von Neuem zusammenziehen soll (§. 2201.). Wechseln wir aber die Pole oder die Richtungen, unmittelbar nachdem es die centrifugale positive Strömung unbeantwortet gelassen hat, d. h. führen wir einen negativen Strom centrifugal oder einen positiven centripetal ein, so kehren die Zuckungen auf der Stelle wieder. Sie besitzen im Anfange ihre größte Lebhaftigkeit, sind stärker als die, welche die zuletzt angebrachten positiven centrifugalen Ströme ergaben, nehmen aber wieder nach und nach ab und bleiben zuletzt gänzlich aus. Aendert man nun die Stromesrichtung zum zweiten Male und kehrt so zu der, die man zuerst hatte, zurück, so wiederholen sich die Zuckungen. Wie die dritte Wirkungsweise der ersten, so kann dann die vierte der zweiten u. s. f. entsprechen.

Ein einfaches Froschpräparat, wie es §. 2133. Fig. 41. abgebildet ist, kann schon das Gesetz der Voltaischen Alternative zur Anschauung bringen. Man ist aber auch im Stande, eine andere etwas verwickeltere Vorrichtung zu wählen, um die Voltaischen und die Marianinischen Erscheinungen zugleich zu beobachten.

Das Wirbelstück *a*, Fig. 54, eines der §. 2165., Fig. 48., dargestellten Froschprä-

Fig. 54.



parate wird an einem Stative *b* mittelst eines Seidenfadens oder eines überfirnißten Hakens *c* aufgehängt. Der eine Fuß *d* taucht in ein und der andere *e* in ein zweites mit Wasser gefülltes Gefäß, *f* und *g*. Nimmt *f* den einen Drath *h* und *g* den anderen *i* einer galvanischen Säule auf, so geht der von *h* nach *i* verlaufende Strom in dem Schenkel *d* centripetal und in *e* centrifugal, wie es die Pfeile andeuten. Ist die Reizbarkeit bis zu dem erforderlichen Grade erschöpft worden, so zuckt nur *d* bei dem Schlusse oder dem Oeffnen der Kette, während *e* ruht, oder umgekehrt.

Der Versuch gewinnt hierdurch an Anschaulichkeit. Ein Umstand kann jedoch das Ergebniß beeinträchtigen. Sorgt man nämlich nicht dafür, daß der Strom gleich stark bleibt und daß die Poldräthe immer die gleichen Stellen des Präparates zuerst anregen, so erhält man oft schwankende Ergebnisse. Fiel z. B. der Berührungspunkt früher an den Fuß, so verwischt sich oft das indeß deutlich hervortretende Gesetz der Alternative, wenn man später eine Stelle des Unter- oder Oberschenkels zum Anspruchsorte wählt.

Drücken wir die Norm allgemein aus, so verliert immer das Präpa- 2194
rat seine Empfänglichkeit für die eine und erhält sie dafür für die entgegengesetzte Stromesrichtung. Wird die Wirkung der einseitigen Spannung nach und nach geschwächt, so erhöht sich dafür die der anderen. Die Reizbarkeit sinkt jedoch indeß absolut genommen immer mehr, bis endlich aller Einfluß des Galvanismus unwirksam wird. Der Wechsel läßt sich daher um so häufiger wiederholen und die Zeiträume, in denen die eine Stromesrichtung Zuckungen hervorruft, dauern um so länger, je frischer und empfänglicher die Muskeln sind.

Das Gesetz der Voltaischen Alternative kann auch an lebenden Frö- 2195
schen nachgewiesen werden. Ich legte den positiven Drath einer aus 50 Zinkkupferplatten bestehenden Säule an den Vordertheil und den negativen an die Füße eines festgebundenen Frosches und wiederholte die Schläge so lange, bis die Zuckungen ausblieben oder nur sehr schwach wurden. Wechselte ich die Pole, so erhielt ich wieder bedeutend stärkere Zusammenziehungen. Sie standen jedoch in der Regel denen, die am Anfange des ganzen Versuchs aufgetreten waren, nach. Die Wirkung hörte auch wieder früher, als nach der ursprünglichen centrifugalen Einleitung des positiven Stromes, auf.

Wirkt ein positiver Strom fortwährend in centripetaler Richtung, so 2196
erhält sich im Allgemeinen die Reizbarkeit besser, als wenn die gleiche Strömung centrifugal zu wiederholten Malen thätig ist. Matteucci [1]) giebt sogar an, daß die letztere Strömungsart, wenn sie das Präparat längere Zeit durchsetzt, die Empfänglichkeit erhöht, die centrifugale dagegen sie eher erniedrigt. Ihr Einfluß muß aber um so länger dauern, je mehr die Empfänglichkeit gesunken ist.

Bringt man die Pole der galvanischen Erreger an den Nerven und 2197
den Muskel selbst und wiederholt die Verbindung und Unterbrechung nach verhältnißmäßig längeren Zeiträumen, so ruft höchstens der Schluß und die Oeffnung Bewegungen hervor. Bleibt dagegen die Kette geschlossen oder liegt nur ein Drath an, so ruhen die Muskeln, als wenn sie keinem Einflusse ausgesetzt wären.

---

[1]) C. Matteucci, Leçons sur les phénoménes physiques des corps vivants. Paris, 1846. 12. p. 242 — 244.

2198 Verkleinert sich dagegen der Raum, der den zweiten Schließungsdrath von der Oberfläche des Muskels trennt, oder verringert sich die Zeit, in der Schluß auf Schluß folgt, so sehr als möglich, so ändern sich auch die Erscheinungen. Man hat in beiden Fällen anhaltende Wirkungen. Die Zusammenziehungen wechseln aber mit Erschlaffungen bei der kleinsten Größe des Trennungsraumes ab. Wir erhalten Wechselkrämpfe oder klonische Krämpfe. Sinkt dagegen die Zeit, die zwischen je zwei Unterbrechungen liegt, auf einen nur kleinen Werth, so bleiben die Muskeln in einem Zustande ungewöhnlicher Verkürzung. Wir bemerken tonische Krämpfe oder Starrkrämpfe.

2199 Zwei Gegenversuche können uns dieses anschaulicher machen. Legen wir die Wadenmuskeln eines lebenden Frosches bloß, befestigen den einen Poldrath einer galvanischen Säule an der Muskelmasse selbst und halten von ihr den zweiten 2 bis 4 Millimeter entfernt, so zuckt er fortwährend im Ganzen oder mit seinen oberflächlichen Muskelbündeln. Drückt man dagegen beide Dräthe an die Muskulatur an, so ruht Alles, bis die Kette geschlossen oder geöffnet wird.

2200 Durchschneidet man die Achillessehne, so fehlen meist die Wechselzuckungen, wenn man selbst den einen Drath in einer geringen Entfernung von der Oberfläche der Muskelmasse anbringt. Schaltet man ein Blatt Schreibpapier, ein Stückchen trockenen oder feuchten Löschpapiers oder benetzter Leinwand dazwischen ein, so gelangt man zu dem gleichen Ergebnisse. Arbeitet man mit sehr reizbaren Präparaten, so stößt man schon auf Wechselkrämpfe, wenn man den einen Poldrath unter den Muskel und den zweiten 2 bis 4 Mm. von den Hüftnerven entfernt hält.

2201 Liegt der Poldrath, der sich in einer geringen Entfernung befindet, der Muskelmasse zu nahe, so kommt es vor, daß sie sich bei ihrer Zusammenziehung in dem Grade verdickt, daß sie dann den Drath unmittelbar berührt. Man hat dann gleichsam ein natürliches Hammerwerk, das hier zwischen Metall und Muskel, wie in den Magnetelektromotoren zwischen den beiden Metallstücken spielt (Bd. I. §. 363.).

2202 Eine gewöhnliche galvanische Säule kann schon die Starrkrämpfe anregen. Besitzt der Strom die nöthige Stärke, so bringt man die positive Elektrode mit dem Rückenmarke und die negative mit den Schenkelmuskeln eines enthaupteten und enthäuteten Frosches in Verbindung und wiederholt die Schließung und Oeffnung in möglichst kurzen Zeiträumen. Anhaltende Starrkrämpfe strecken dann die Hinterbeine. Man bemerkt nur höchstens einzelne Wechselzuckungen in oberflächlichen Muskelbündeln oder selbst in ganzen Muskeln.

Ein Theil des Erfolges hängt von der Kraft der galvanischen Säule ab. Ist sie zu schwach, so erhält man oft abwechselnde Streckungen und Beugungen, wie wenn der Schluß und die Oeffnung in längeren Zwischenräumen zu Stande kämen. Baut man eine größere Säule auf, so treten die Starrkrämpfe hervor. Ein hoher Grad von Reizbarkeit und Muskelkraft begünstigt die Erscheinungen.

2203 Sind die Muskeln tetanisch geworden, so gelingt es bisweilen, sie

durch einen in entgegengesetzter Richtung eingeleiteten Strom aufzuheben. Der Versuch mißglückt jedoch auch, wenn sich nicht Wirkung und Gegenwirkung aufheben.

Matteucci [1]) versuchte diesen Satz auf die Behandlung des Starrkrampfes anzuwenden. Leitete er den positiven Strom einer aus 30 bis 40 Plattenpaaren bestehenden galvanischen Säule centripetal ein, so verlor sich die Steifheit für den Augenblick. Der Kranke ging aber später zu Grunde. Dieses Mißgeschick wird sich wahrscheinlich fast immer wiederholen, weil der Galvanismus nur auf ein Zeichen, nicht aber auf die Ursache des Leidens wirkt. Man darf jedenfalls nicht mit ihm die in solchen Nothfällen kostbare Zeit unnütz verbrauchen.

Enthält die galvanische Vorrichtung einen Commutator irgend einer 2204
Art, so werden um so leichter Schluß und Oeffnung in möglichst kurzen Zeiträumen wechseln können. Da die magnetelektrischen Rotationsmaschinen und die Magnetelektromotoren diese Bedingung erfüllen (Bd. I. §. 363.), so leisten sie hier immer gute Dienste. Man kann sie in lebenden, wie in enthaupteten Geschöpfen anwenden. Es läßt sich selbst dann das Gesetz der Voltaischen Alternative in glücklichen Fällen nachweisen.

Die Haupterscheinung, welche diesem Auftreten der Wechselkrämpfe 2205
zum Grunde liegt, war schon Volta [2]) bekannt. Sie wurde später von Nobili, Matteucci und mir bestättigt. Ed. Weber gebrauchte sie, wie wir sahen (§. 2109.), mit Glück, um die Wirkungen der galvanischen Elektricität länger anhalten zu lassen und so die Zuverlässigkeit der Untersuchungen zu erleichtern.

Die meisten Forscher wählen zu diesem Zwecke die Rotationsma- 2206
schinen. Die Magnetelektromotoren sind aber hier aus mehrfachen Gründen vorzuziehen. Sie machen nicht einen zweiten Gehilfen, gleich den Drehapparaten nothwendig. Jede stärkere mechanische Erschütterung bleibt bei ihnen aus. Der Hauptvortheil endlich, den sie darbieten, liegt darin, daß man hier eher einen möglichst gleichförmigen Strom einwirken lassen kann.

Die Größe, die Kraft und die Art der Muskelverkürzung hängt nur bis zu einem gewissen Grade von der Stärke des Stromes ab. Ist einmal ein gewisses Maximum der lebendigen Gegenwirkung erreicht, so bemerkt man keine erheblichen Unterschiede, je nachdem noch kräftigere Ströme einwirken oder nicht. Es frägt sich aber, ob nicht dieses Wechselverhältniß auf die Dauer der Reizbarkeit einwirkt, ob nicht dann der Muskel durch einen kräftigeren Strom eher erschöpft wird und später im Verlaufe der Versuche verhältnißmäßig schwächere Wirkungen ausübt. Wir werden sehen, daß dieser Punkt für die Bestimmung der Kräfte und des Nutzeffectes der Muskeln wichtig ist.

Die Schnelligkeit des Drehens bestimmt die Stärke des Stromes einer Rotationsmaschine. Bleibt sie der Willkühr eines Gehilfen überlassen, so fußt man immer nur auf unsicherer Grundlage. Die größte Auf-

[1]) C. Matteucci, Essai sur les phénoménes électriques des animaux. Paris, 1840. 8. pag. 29.

[2]) Collezione dell' Opere del Cavaliere Conte Alessandro Volta. Tome II. Parte I. Firenze, 1816. 8. p. 180.

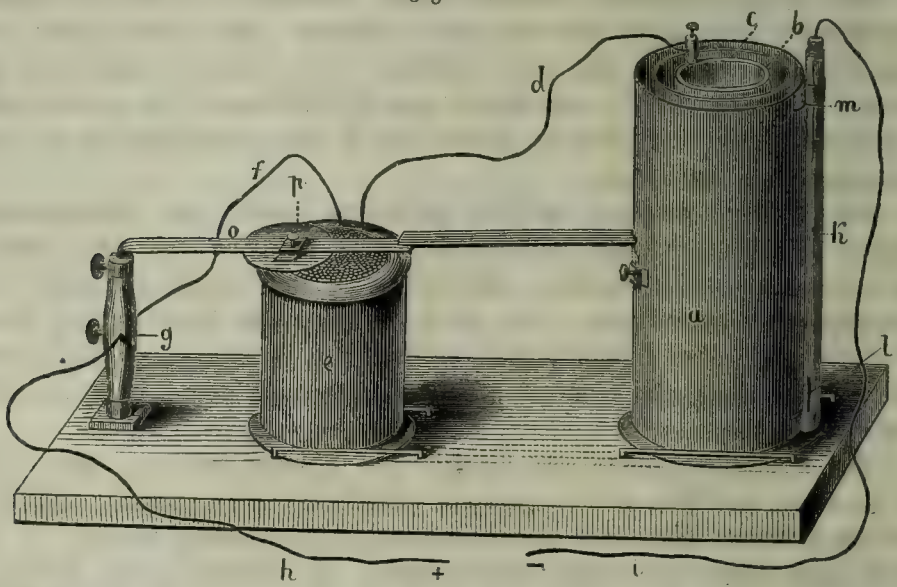
merksamkeit ist nicht im Stande, einen gewissen Wechsel, eine nicht unbedeutende Ungleichheit der einwirkenden Anregung zu verhüten.

Das Hammerwerk des Magnetelektromotors ist in dieser Hinsicht zuverlässiger. Die Ungleichheit der Wirkung geht nicht sowohl von ihm, als von dem mit ihm verbundenen galvanischen Apparate aus. Bedient man sich einer sogenannten beständigen Säule (§. 2162.), so kann man sich der zu vergleichenden Untersuchungen nöthigen Gleichförmigkeit möglichst annähern. Alle quantitativen Bestimmungen werden daher auch hier eine festere Grundlage erhalten.

Wir haben schon Bd. I. S. 190. die Einrichtung des Neef'schen Magnetelektromotors kennen gelernt. Fig. 55. zeigt uns eine der kleineren, Bd. I. S. 191. erwähnten Vorrichtungen, die auch zu ärztlichen Zwecken mit Nutzen gebraucht werden können. Ein solcher diente mir auch zu den meisten Bestimmungen, welche ich in den späteren Abschnitten dieser Darstellung anzuführen Gelegenheit haben werde.

a, Fig. 55. ist ein Metallbehälter, der ungefähr zur Hälfte mit einer Lösung von schwefelsauerem Kupferoxyd gefüllt wird. Englische mit 2 Theilen Wassers verdünnte Schwefelsäure kommt in die Thonzelle *b*. Der Zinkcylinder *c* wird zuerst in verdünnte

Fig. 55.



Schwefelsäure gelegt und dann an der äußeren und inneren Oberfläche mit Quecksilber abgerieben, damit seine Masse mehr geschont werden könne. Man stellt ihn in die Thonzelle *b*.

Der positive Pol, den er abgiebt, wird durch den Drath *d* mit der in *e* enthaltenen elektromagnetischen Spirale verbunden. *c* hat zu diesem Zwecke einen Ausläufer, dessen Schraube den metallischen Theil von *d* einklemmen kann. Das freie Stück von *d* dagegen ist mit Seide umsponnen.

Das zweite ebenfalls zum größten Theile umsponnene Ende, *f*, wird in das Messingstativ *g* mittelst der dort befindlichen Schraube festgestellt. Der Drath *h* kann hier auf die gleiche Weise eingefügt werden. Er bildet mithin den positiven Theil, der sich als *cdefgh* fortzieht.

Der Behälter, der die Lösung des schwefelsaueren Kupferoxyds einschließt, hat an der Seite eine Glasröhre *k*, in dessen Boden ein Kupferstück *l* hineinragt. Dieses steht aber mit *a* in unmittelbarer metallischer Verbindung. Ein zweiter größtentheils umsponnener und an beiden Enden freier Kupferdrath *m* läuft durch einen Korkpfropf, der in die Oeffnung der Glasröhre *k* eingefügt zu werden vermag. Ist *k* mit Wasser ge-

füllt, so haben wir eine leitende Verbindung zwischen den Enden von *m* und *l*. Der Drath *i* entspricht auf diese Weise mittelbar dem Behälter *a* und dessen Inhalte oder dem negativen Pole.

Diese Einrichtung dient zur Regulirung des Stromes. Er wird um so stärker ausfallen, je mehr man einander die Enden von *m* und *l* nähert. *m* kann daher auch innerhalb des Korkzapfens auf- und niedergeschoben werden.

Eine kleine neben *k* angebrachte Klemmschraube macht es noch möglich, daß *m* und *a* in unmittelbare Berührung gebracht werden. Man erhält so kräftigere Wirkungen, als wenn man *m* in *k* einsetzt.

Die elektromagnetische Spirale, die in dem Behälter *e* liegt, ist im Innern hohl und enthält hier Eisendrathbündel zur Verstärkung der Wirkung (Bd. I. §. 363.). Ein dünnes federndes Kupferblech *n*, das mittelst einer Klemmschraube an *a* befestigt ist und hier höher oder tiefer gestellt werden kann, geht bis über *e* hinüber. Ein zweites, ähnliches *o*, das ebenfalls beweglich, aber in *g* eingefügt worden ist, kommt ihm entgegen. Das letztere trägt eine Platte *p*, die mittelst einer Schraube vor- und rückwärts geschoben und so beliebig eingestellt werden kann. Sie wird so gerichtet, daß ihre Unterfläche der ganzen Ausdehnung der Drathbündel oder nur einem Theile derselben entspricht.

Diese Platte wirkt zugleich als ein verschiebbares Gewicht, das die federnde Kupferplatte *o* belastet. Sie wird daher die Schwingungen, welche diese macht, bestimmen helfen. Die Anziehung, welche die magnetisch wirkenden Eisendrathbündel ausüben, wirkt aber als zweiter Factor. Es ist hier von Bedeutung, ob die ganze Platte oder nur ein Theil derselben die Oberfläche der Drathbündel bedecken kann. Dieses Wechselverhältniß kann es wünschbar machen, daß die Platte an ihrem einmal auf *o* eingenommenen Orte bleibt, daß dagegen ihre Beziehung zu den Drathbündeln geändert wird. *e* läßt sich daher auch im Ganzen von *a* nach *g* zu und umgekehrt verschieben.

Denken wir uns, Alles sei so eingestellt, daß sich *o* und *n* metallisch berühren und daß *o* in gehörigem Grade zu federn vermag, so wird der kürzeste Weg des Stromes im ersten Augenblicke durch *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *o*, *n* und *a* gehen. Die Dräthe *h* und *i* bleiben daher von der Hauptströmung ausgeschlossen. Die in *e* eingeschlossenen Eisendrathbündel werden aber in demselben Augenblicke magnetisch und ziehen die Platte *p* an sich. Es wird so die metallische Berührung von *o* und *n* unterbrochen. Die Strömung muß daher von *c d e f g h* nach *i m l a* verlaufen und einen Leiter, der *h* und *i* verbindet, durchsetzen. Die federnden Theile *o p* springen aber sogleich zurück und kehren von Neuem zu den Drathbündeln wieder. Es erzeugt sich so ein von selbst arbeitendes Hammerwerk, wie an dem Neef'schen Magnetelektromotor.

Die gegenseitige Stellung von *o* und *n* bildet hierbei die Hauptsache. Ist der Druck, den die eine Platte auf die andere ausübt, irgend zu stark, so arbeitet nicht mehr die Vorrichtung von selbst. Es kommt hier auf 1 Millimeter Entfernung sehr viel an. *o* und *n* brauchen sich auch nicht vollständig zu berühren. Es reicht schon hin, daß sie nur mit ihren Rändern an einander schlagen und hier kleine Funken erzeugen. Man kann mittelst der in *a* und *g* angebrachten Stellschrauben, der Verrückung der Platte *p* oder der Biegung der Kupferblätter *n* und *o* nachhelfen. Es versteht sich von selbst, daß immer *o* unter *n* liegen muß. Diese genaue Einstellung, die oft viel Zeit raubt, bildet die einzige Unbequemlichkeit der sonst sehr brauchbaren Vorrichtung.

Stellt man seine Versuche an thierischen Theilen an, so richtet man sich zuerst das Ganze vollkommen her und überzeugt sich, daß die Kupferblätter *o* und *n* gehörig hämmern. Man nimmt dann die Thonzelle *b* und den Zinkcylinder *c* heraus und setzt erst wieder beide unmittelbar, bevor der Strom wirken soll, ein.

Die Starrkrämpfe, welche die rasch wiederholte Einleitung der elek- 2207
trischen Ströme erzeugt, kommen auch ohne die Mitwirkung der grauen Massen des Nervensystems zu Stande. Die Versuche gelingen nicht bloß an präparirten Froschschenkeln, wie sie Fig. 41. §. 2133. darstellt, sondern auch an vollkommen losgetrennten Muskeln, die, wie der Schenkelbeuger, die Wadenmuskeln, keine Nervenknoten enthalten.

Hat der Einfluß des Magnetelektromotors ein Fig. 41. abgebildetes 2208
Froschpräparat in den heftigsten Starrkrampf versetzt, so sind andere

kräftige Nervenreize nicht im Stande, diesen Zustand zu verändern. Man kann dann den bloßgelegten Hüftnerven langsam oder rasch drücken und selbst durchschneiden, ohne daß sich die einmal vorhandenen Verhältnisse ändern.

2209 Ein reizbares Froschpräparat von der Form Fig. 41. antwortet schon mit lebhaften Starrkrämpfen, wenn es selbst auf einer Glasplatte ausgebreitet ist und der eine Drath des Magnetelektromotors in der Wirbelsäule steckt, der andere dagegen auf dem trockenen Tische liegt. Ist kein Theil des Rückenmarkes mehr vorhanden, so gelangt man oft zu dem gleichen Ziele, sobald man nur den Hüftnerven mit dem einen Leitungsdrathe berührt. Die Erscheinungen verstärken sich jedoch, so wie man den zweiten Drath mit den Muskeln verbindet.

2210 Der präparirte Froschschenkel zuckt bisweilen schon, wenn man selbst seinen Nerven an den umsponnenen Theil des einen Kupferdrathes des Magnetelektromotors anlegt oder ihn nur in dessen Nähe bringt. Die geringste Vertheilung des elektrischen Stromes reicht dann schon hin, merkliche Einflüsse auszuüben.

2211 Legt man den Hüftnerven, *a*, Fig. 56., eines präparirten Froschschenkels auf die Muskeln des Oberschenkels eines größeren Froschpräparates,

Fig. 56.

führt den einen Drath des Magnetelektromotors in die Wirbelsäule ein und berührt mit dem anderen die Muskelmasse *b*, so verfällt nicht nur *b*, sondern häufig auch *a* in die heftigsten Starrkrämpfe. Die Zehen werden mit vieler Gewalt aus einander gezogen und bleiben in dieser Stellung, so lange der Magnetelektromotor thätig ist.

Wir erhalten im Allgemeinen um so stärkere Wirkungen des Neben- 2212
präparates, je mehr dieses von dem Strome getroffen werden kann. Die Starrkrämpfe werden daher lebhafter, wenn der Drath unterhalb, als wenn er oberhalb *a* angelegt wird. Hat man kräftige Wirkungen erzeugt, als *a* die Muskeln berührte, so werden sie verhältnißmäßig schwächer, so wie man die Muskeln des Nebenpräparates und nicht dessen Hüftnerven an die Muskelmasse von *b* anlegt. Dient hierbei der Querschnitt der Muskeln als Berührungsfläche, so kann sich die Wirkung verstärken.

Die Einrichtung der Fig. 56. abgebildeten Anordnung der Frosch- 2213
theile stimmt mit der, durch welche Matteucci seine Angaben über die Inductionszusammenziehungen erhärtete, überein (Bd. I. S. 180.). Die eben erwähnten Veränderungen, welche das Nebenpräparat unter dem Einflusse des Magnetelektromotors zeigt, beruhen jedoch nicht hierauf, sondern auf der gewöhnlichen Thätigkeitsweise galvanischer Ströme. Isolirte ich *b c* vollständig und schob zwischen *a* und *b* ein sehr dünnes Chevalier'sches Deckblättchen, wie man es zu mikroskopischen Untersuchungen gebraucht, so verfielen auch nicht die zu *a* gehörenden Muskeln in Starrkrämpfe. Die geringste Menge von Feuchtigkeit aber, die als Zwischenmittel diente, rief sie auch hier hervor. Umhüllte ich *b* vollständig mit einem oder mehreren Schlagblättern ächten Silbers, so wurde hierdurch der Starrkrampf des Nebenpräparates nicht gehemmt.

Der Empfänglichkeitsgrad des Froschpräparates bestimmt die Wir- 2214
kung, die der Magnetelektromotor ausübt. Sollen überhaupt Starrkrämpfe zu Stande kommen, so darf die Reizbarkeit nicht unter eine gewisse Grenze herabsinken. Ist dieses der Fall, so bemerkt man eine Reihe von Wechselzuckungen. Die Muskeln zittern fortwährend. Es ereignet sich daher auch häufig, daß dieses Spiel der längeren Einwirkung des Magnetelektromotors nachfolgt, daß es an den Oberschenkelmuskeln eintritt, wenn noch der Unterschenkel und der Fuß in ihrer früheren Steifheit verharren.

Läßt man den Magnetelektromotor auf die Fig. 54. §. 2193. abge- 2215
bildete Vorrichtung wirken, so kann man sich leicht überzeugen, daß diese abwechselnden Zukungen weit länger als die früheren Starrkrämpfe einwirken. Sind die Theile kräftig genug, so hält das lebhafte Spiel der Muskeln selbst unter dem Einflusse eines starken elektrischen Stromes länger als eine halbe bis eine ganze Stunde an. Die Wirkungen vertheilen sich auch hierbei in ungleicher Weise, ohne daß man sich hiervon im Einzelnen genaue Rechenschaft geben könnte. Es zucken die Muskeln des Fußes in einem, die des Unterschenkels in einem zweiten, und noch andere in einem dritten Augenblicke. Die Dauer und die Stärke der Zu-

sammenziehung unterliegt ebenfalls den verschiedensten Schwankungen. Wird ein Nervenstamm berührt, so antworten oft die Theile lebhafter, als wenn man die Muskelmasse selbst anspricht.

2216 Der Einfluß, den die Empfänglichkeit der Nerven und der Muskelmassen ausübt, kann auch an dem Herzen nachgewiesen werden. Ist es noch reizbar genug, so verfällt es in Starrkrampf, so wie man den starken Strom eines Magnetelektromotors durchleitet. War dagegen seine Kraft gesunken, so bewirkt nur die gleiche Anregung, daß es mit größerer oder geringerer Lebhaftigkeit klopft. Man vermag auf diese Weise neue Schläge in Herzen, die schon ruhten, anzuregen. Wird selbst später der Strom nicht mehr durchgeleitet, so dauert doch oft noch das Klopfen fort.

2217 Wir werden in der Folge ausführlicher kennen lernen, daß hier das Ergebniß von den Arten des kürzesten Weges der elektrischen Strömung in hohem Grade abhängt. Berühren die Dräthe zwei entgegengesetzte Seiten der Querfurche, so erhält man meist allgemeinere Wirkungen, als wenn sie an den Seitenrändern der Kammer angelegt werden. Ruhte das Herz, so bemerkt man oft, daß sich die Herzspitze in dem ersteren Falle kräftig hebt, daß in dem letzteren dagegen nur leisere Zusammenziehungen der Kammer zu Stande kommen.

2218 Ist der gehörige Grad von Reizbarkeit vorhanden, so können auch die Lymphherzen des Frosches in Starrkrampf unter dem Einfluß des Magnetelektromotors verfallen. Es hören daher ihre klopfenden Bewegungen auf[1]). Standen sie schon vorher still, so gelingt es bisweilen, sie von Neuem auf elektrischem Wege anzuregen. Gelingt dieses nicht, wenn man den Strom unmittelbar durchleitet, so kann man auch zum Ziele gelangen, wenn man ihn durch das Rückenmark führt. Die Lymphherzen sind ebenfalls im Stande, in der Folge von selbst fortzuklopfen.

Da die kleinen Lymphherzen des Frosches in der Nähe von ausgedehnten Muskelmassen liegen, so stört häufig die starke Zusammenziehung von diesen die Reinheit des Versuchs. Es ist meistentheils nicht möglich, sich von dem Zustande des hinteren Lymphherzen genau zu unterrichten', wenn die Hinterbeine in heftige Starrkrämpfe verfallen oder die Muskeln derselben lebhaft zittern. Die vorderen Lymphherzen führen hier eher zum Ziele. Man trägt den Kopf des Frosches zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Wirbel ab, entfernt die hintere Hälfte des Körpers, öffnet das übrigbleibende Stück und nimmt alle noch in ihm vorhandenen Eingeweide hinweg. Die vorderen Lymphherzen lassen sich dann bald dicht unter dem großen Querfortsatze des dritten Wirbels auffinden. Das Zucken der benachbarten Muskeln kann aber auch hier, besonders bei ungünstiger Beleuchtung des Präparates irre führen.

2219 Der Nerv, die Muskeln oder beide und die sie berührenden Erreger bildeten in den bis jetzt betrachteten Fällen wesentliche Stücke der galvanischen Kette. Man kann aber auch noch unter anderen Verhältnissen Zuckungen hervorrufen.

Antwortet ein Froschpräparat nicht mehr, wenn man seinen Nerven mit einem Zinkstreifen in Verbindung setzt, so zieht es sich häufig noch

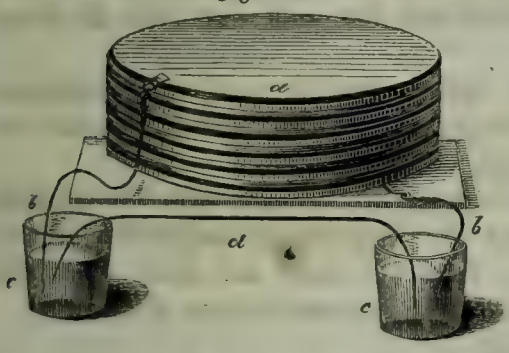
---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. S. 415. und Mayer, in Froriep's neuen Notizen. Bd. XXXVIII. Nr. 834. Weimar, 1846. 4. S. 313.

zusammen, so wie dasselbe Metallblatt das Nebenglied einer in sich geschlossenen Kette bildet. Man legt das eine Ende desselben an den Nerven eines auf einer Glasplatte ausgebreiteten Froschpräparates und das andere auf den Schließungsbogen einer galvanischen Kette. Wird diese abwechselnd unterbrochen und geschlossen, so ziehen sich häufig die Muskeln lebhaft zusammen. Sie zucken aber doch meist weniger stark, als unter dem unmittelbaren Einflusse desselben Stromes.

Bildete ein Metalldrath den Schließungsbogen einer galvanischen 2220
Säule, so kann er später ohne Weiteres Bewegungen anregen. Man baut zu diesem Zwecke eine Säule *a* Fig. 57., die aus 10 Zink-Kupferplatten von 7 bis 8 Quadratcentimeter Oberfläche besteht, auf, nimmt mit verdünnter Schwefelsäure durchfeuchtete Scheiben von Pappdeckel als Leiter und wählt zwei Platindräthe *b* und *b* zu Elektroden. Diese tauchen in zwei mit destillirtem Wasser gefüllte Gläser *c c*.

Fig. 57.



Hat man sich überzeugt, daß ein dritter Platindrath, der mit dem Nerven und dem Muskel des Froschpräparates in Berührung kommt, keine Veränderung einleitet, so schließt man mit ihm, *d*, die Fig. 57. abgebildete Kette und läßt ihn hier eine Minute oder noch kürzere Zeit liegen. Nimmt man ihn dann heraus, trocknet ihn sorgfältig ab und führt ihn an den Nerven und den Muskel des Froschschenkels, so wird man oft finden, daß sich dieser lebhaft zusammenzieht. Ich erhielt die Zuckungen am Häufigsten, wenn ich zuerst das eine, der negativen Elektrode entsprechende Ende des Platindrathes an den Nerven und dann das andere an den Muskel anlegte. Verfuhr ich umgekehrt, so gelangte ich nur hin und wieder zu scharfen Ergebnissen.

Der Platindrath kann ohne Nachtheil so sehr als möglich abgetrock- 2221
net worden sein. Er behält dann seine Eigenschaft, als Erreger zu wirken, eine Zeit lang bei. Dicke Dräthe bewahren ihre Kräfte länger, als dünne. Die Glühhitze dagegen vernichtet ihren Einfluß auf der Stelle. Hat aber der Drath die Kette von Neuem geschlossen, so kehrt seine Wirkung abermals wieder. Die Versuche gelingen nicht bloß mit Platin, sondern auch mit Kupfer und Messing.

Arbeitet man mit einem sehr empfänglichen Präparate, so erhält man 2222
schon bisweilen Zuckungen, wenn der Drath den Nerven allein berührt. Er braucht dann nicht einmal in beide Wassergefäße *c c* Fig. 57. eingetaucht worden zu sein. Wurde er nur in eines eingesenkt oder bildete er selbst eine Elektrode, so gewinnt er schon die eben erwähnten Kräfte.

Da die sorgfältigste Abtrocknung seine Fähigkeiten nicht aufhebt, so 2223
müssen wir schließen, daß eine gewisse elektrische Spannung eine Zeit lang

in ihm zurückbleibt. Die Glühhitze vernichtet sie aber eben so gut, als sie die Kräfte eines Magneten aufhebt.

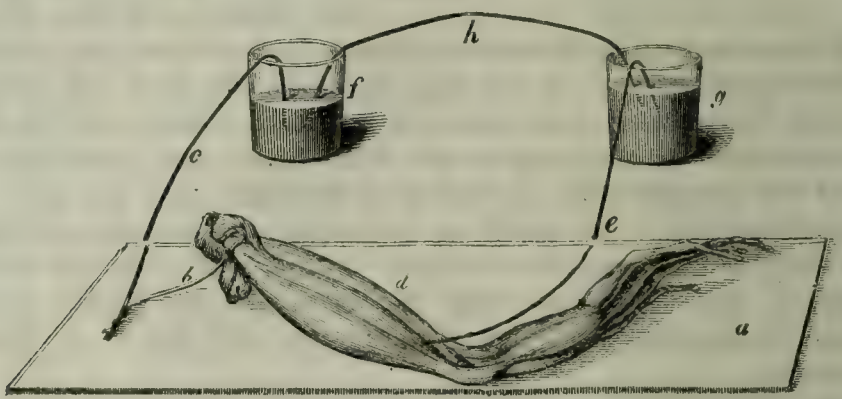
2224 Wir haben schon früher (Bd. I. §. 363. und 364.) gesehen, daß magnetelektrische Ströme Muskelzuckungen bedingen. Der Anker wird in der Rotationsmaschine abwechselnd abgerissen und angefügt. Ein sehr langer umsponnener Leitungsdrath erhöht die physiologische Wirkung der angeregten Spannung.

Heidenreich[1]) erhielt schon sanftere Wirkungen an Frosch- und Kaninchenpräparaten, wenn er den Nerven und den Muskel mit zwei Reihen von magnetisirten Stahlstäben leitend verband und ein Hufeisen, das die entgegengesetzten Enden von diesen vereinigte, abriß und wiederum anfügte. Die Voltaische Alternative ließ sich auch auf diese Weise zur Anschauung bringen.

2225 Die elektrischen Spannungen, welche chemisch verschiedene Flüssigkeiten oder der Temperaturwechsel erzeugen, können endlich ebenfalls die Nerven- und die Muskelfaser kräftig anregen.

Ein von Becquerel zuerst angegebener Versuch weist die Einflüsse, welche die innere Eigenthümlichkeit der Flüssigkeiten auszuüben vermag, deutlich nach. Man verbindet den Nerven *b* eines auf einer Glasplatte *a*, Fig. 58., ausgebreiteten Froschpräparates mit einem Platinbleche *c*

Fig. 58.



und den Muskel *d* mit einem zweiten *e*. *c* taucht in ein Gefäß *f*, das verdünnte Salpetersäure und *e* in ein zweites *g*, das eine schwache Lösung von kaustischem Kali enthält. Werden nun *f* und *g* mittelst eines befeuchteten baumwollenen Dochtes in Wechselbeziehung gebracht, so zuckt häufig der Froschschenkel bei dem Schlusse der Kette.

2226 Ich erhielt noch die gleichen Wirkungen, wenn ich den Versuch einfacher anstellte. Ich füllte die Gläser *f* und *g* mit bloßem destillirten

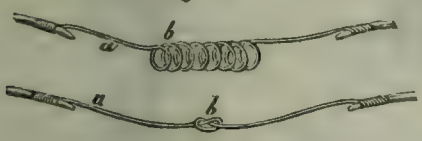
---

[1]) F. W. Heidenreich, Die physiologische Induction, ein Beitrag zur medicinischen und Nervenphysik. Ansbach, 1846. 8. S. 13—17.

Wasser und leitete die Platinbleche *c* und *e* an den Nerven *b* und den Muskel *d* eines Froschpräparates. Dieses regte sich noch nicht, wenn ich selbst das Ganze durch den eingesetzten Platindrath *h* schloß. Entfernte ich aber diesen, goß ein paar Tropfen Salpetersäure in *f* oder in *g* und setzte dann *h* von Neuem ein, so zog sich bisweilen *d* so heftig zusammen, daß der Froschschenkel von der Glasplatte hinwegsprang.

Becquerel bediente sich eines eingerollten Platindrathes, um die 2227
physiologischen Kräfte der thermoelektrischen Ströme nachzuweisen. Bringen wir einen Platindrath *a*, Fig. 59., der in *b* schraubenförmig gewunden oder auch nur schlingenartig zusammengelegt ist, mit den Ausläufern eines Galvanometers in Verbindung und erwärmen eine Stelle von *a*, so erzeugt sich ein lebhafter thermoelektrischer Strom, der hier unter günstigen Verhältnissen von *a* nach *b* geht. Er kann dagegen auch, wenn man mit Zink, Eisen oder Spießglanz arbeitet, in der entgegengesetzten Richtung verlaufen.

Fig. 59.



Becquerel rollte die Enden eines Platindrathes schraubenförmig 2228
auf, machte das eine von ihnen rothglühend und berührte mit ihm das Lendengeflecht (*a* Fig. 48. §. 2165.) eines auf einer Glasplatte ausgebreiteten Froschpräparates, während das andere Ende an dem Schenkel anlag. Die Muskeln zuckten dann auf das Lebhafteste. Wählte er dagegen die umgekehrte Verbindungsweise, so blieb die Verkürzung aus. Es versteht sich von selbst, daß hierzu Präparate, die unter dem bloßen Einflusse des erhitzten Metalls ruhig blieben, benutzt werden mußten.

Da dieser Bedingung nur in den selteneren Fällen Genüge geleistet 2229
werden kann, so suchte ich die Wirkung der thermoelektrischen Ströme auf einem anderen Wege nachzuweisen. Die beiden Endglieder der thermoelektrischen Spannungsreihe sind Spießglanz und Wismuth. Man bedient sich daher dieser beiden Metalle in den meisten thermoelektrischen Ketten, die physikalischer Versuche wegen aufgebaut werden. Eisen und Kupfer reichen aber schon zu den hauptsächlichsten physiologischen Untersuchungen hin. Sind sie zu einem thermoelektrischen Bogen zusammengelöthet und erwärmt man das eine der beiden Enden oder der Löthungsstellen, so geht dann der positive Strom von dem Kupfer zum Eisen, wie sonst von dem Wismuth zum Spießglanz.

Man biegt einen ausgeglühten Eisendrath *a*, Fig. 60, der 5 Decimeter lang und 2 bis 3 Millimeter dick ist, hufeisenförmig, löthet einen Kupferdrath von 3 Decimeter Länge und 2 Millimeter Dicke an jeder Seite an und feilt die Verbindungsstellen spitz zu. Das eine Ende *d* kommt mit dem Nerven *f* und das andere *e* mit dem Muskel *g* des auf einer Glasplatte *h* ausgebreiteten Froschpräparates in Berührung. Hat man sich überzeugt, daß die bloße Wirkung des Metalls keine Zuckungen

Fig. 60.

anregt, so braucht man nur *c* mit einer untergesetzten Weingeistlampe zu erwärmen, um zum Ziele zu gelangen. Man erhält schon lebhafte Zusammenziehungen, ehe noch *c* zum Glühen kommt und bevor noch das Gefühl des an *d* gelegten Fingers die Statt findende Wärmeerhöhung verräth.

2230 Verdünnung oder Verdichtung der Luft. — Da die Krämpfe, unter denen Thiere in dem luftverdünnten Raume sterben, nicht augenblicklich aufhören, so folgt hieraus von selbst, daß die geringere Spannung der Atmosphäre die Zusammenziehung der Muskeln nicht sogleich vernichtet. Aeltere Erfahrungen lehren schon, daß die verdichtete Luft eben so wenig die Reizbarkeit auf der Stelle beseitigt. Fontana[1]) fand, daß nur dann das Herz langsamer schlägt und seine Kräfte allmählig verliert. Stand es still, so konnte es selbst nicht nach ihm unter dem gewöhnlichen Atmosphärendrucke von neuen Reizen belebt werden.

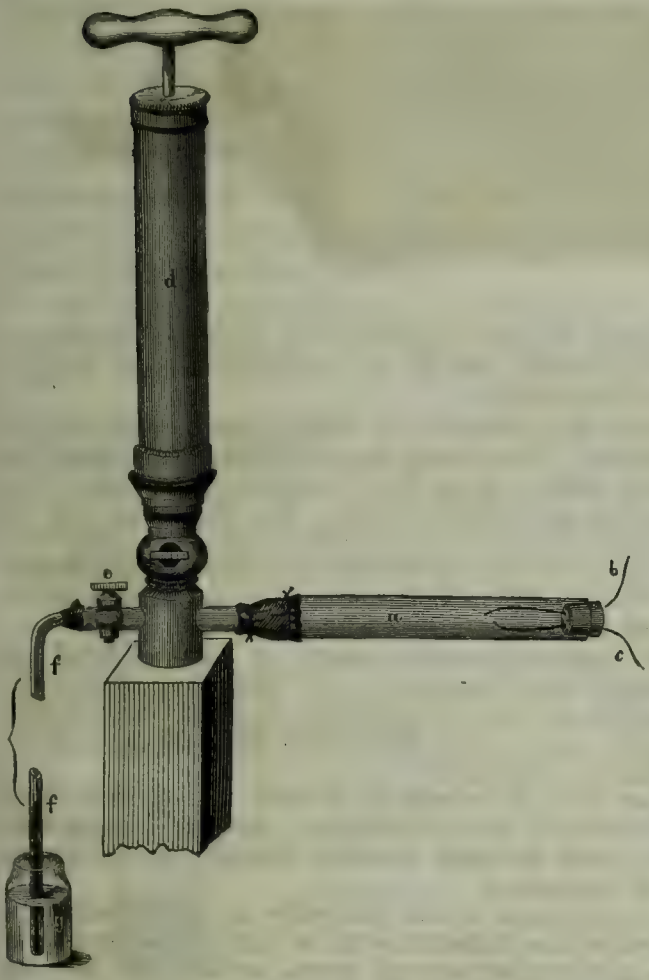
2231 Das Herz eines Frosches schlug in einem von mir gemachten Versuche lebhaft von selbst fort, wenn die Luft, in der es sich befand, auf $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ verdünnt worden. Waren Froschpräparate in einem Raume, dessen atmosphärische Spannung nur $\frac{1}{9}$ des gleichzeitigen Luftdruckes glich, eingeschlossen, so zogen sie sich auf das Lebhafteste unter dem Einflusse des Magnetelektromotors zusammen.

---

[1]) F. Fontana, Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. Uebersetzt von Hebenstreit. Leipzig. 1758. 8. S. 54.

Will man die Einflüsse, welche die Elektricität in dem luftverdünnten Raume ausübt, kennen lernen, so schließt man das eine Ende einer cylindrischen Glasröhre *a*, Fig. 61., mit einem Zapfen, durch den zwei Metalldräthe, *b* und *c*, durchgeleitet sind. Der eine von ihnen ragt tiefer in die Glasröhre, als der andere hinein. Beide sind aber hier an ihren Enden hakenförmig umgebogen. Der Schluß des Ganzen wird durch den Band I. S. 550. erwähnten Kitt gesichert. Hat man ihn nicht gerade bei der Hand, so kann man ihn auch mit einer Mischung von gleichen Theilen Kolophonium und Wachs, der man etwas Terpentinöl bei dem Schmelzen hinzugefügt hat, ersetzen. Man muß so viel Terpentinöl nehmen, daß das Ganze in der gewöhnlichen Zimmerwärme biegsam, jedoch nicht zu flüssig ist.

Fig. 61.



Der eine Haken des Leitungsdrathes *b* nimmt den Nerven oder die Weichgebilde des Oberschenkels, der von *c* dagegen die Muskeln des Unterschenkels des eingeschobenen enthäuteten Froschschenkels auf. Das Ganze wird luftdicht mit einer Handluftpumpe *d* verbunden. Das entgegengesetzt gerichtete, mit dem Hahn *e* versehene Stück derselben vereinigt sich hermetisch mit einer Knieröhre, deren längerer Schenkel *f* 8 Decimeter mißt. Dieser taucht in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß *g*.

Ist der Hahn *e* geschlossen, so pumpt man Luft aus. Will man nun den Grad der Verdünnung, den man erreicht hat, kennen lernen, so öffnet man *e*. Das Quecksilber steigt in *f* bis zu einer gewissen Höhe empor. Hat man diese gemessen, so läßt sich die Spannung leicht bestimmen.

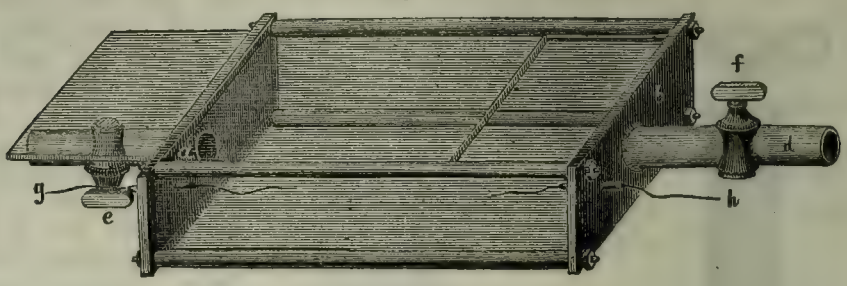
Der gleichzeitige Barometerstand betrug z. B. 71,2 Centimeter in einem der oben erwähnten Versuche. Die in *f* befindliche Quecksilbersäule stieg aber auf 63 Centimeter. Die Spannung glich daher 8,2 Centimeter oder nicht ganz $\frac{1}{9}$ des Atmosphärendruckes.

Will man größere Theile oder ganze Frösche der verdünnten oder verdichteten Luft aussetzen, so kann man sich des Fig. 62. abgebildeten Kastens bedienen. Die Rahmen desselben bestehen aus Messingstäben, welche genau in einander passen und durch feste angezogene Schrauben eng zusammengehalten werden. Zwei Messingplatten *ab* bilden die vordere und die hintere Wand. Die übrigen Wände dagegen sind von dickem, aber durchsichtigem Glase. Die obere kann deckelartig, wie es Fig. 62. andeutet, vorgeschoben werden. Sie läuft in Rinnen der entsprechenden Theile der Messingrahmen.

a sowohl als *b* besitzen zwei große Oeffnungen, in denen zwei messingene Röhren *c* und *d* luftdicht eingefügt sind. Jede von ihnen führt einen gut schließenden Hahn *e* und

f, der nur eine halbe Umdrehung gestattet, und die Röhre, in der er haftet, seiner verschiedenen Stellung gemäß hermetisch schließt oder möglichst weit offen läßt.

Fig. 62.



Die Wände *a* und *b* enthalten noch zwei kleine Löcher, die mit dünnen Glasröhren ausgefüttert sind. Sie machen es möglich, daß die zu galvanischen Versuchen nöthigen Leitungsdräthe *g* und *h* durchgeführt werden.

Die Fugen der unbeweglichen Glasplatten und der Messingrahmen werden der Sicherheit wegen mit Kitt verstrichen. Man schließt dann den Hahn *f* und bringt das Ganze auf dieselbe Weise, wie die Röhre *a* an die Fig. 61. abgebildete Luftpumpe. Die obere Glasplatte wird eingeschoben und luftdicht verkittet. Das Auspumpen und die Barometerprobe soll zuerst den Beweis liefern, ob der Kasten vollkommen schließt oder nicht. Ist dieses nicht der Fall, so hilft man mit Kitt nach, bis dieser Hauptbedingung Genüge geleistet worden. Es versteht sich von selbst, daß dann die Nebenöffnungen, die für die Leitungsdräthe angebracht sind, verstopft sein müssen.

Dieser Probeversuch belehrt zugleich, ob die Glasplatten den mächtigen Druck der äußeren Luft aushalten. Ich hatte einen Apparat, der diese Bedingung nicht erfüllte. War die Verdünnung bis zu einem gewissen Grade gestiegen, so erfolgte eine plötzliche Explosion, wie von dem Losgehen einer geladenen Pistole. Die Deckscheibe war nach innen eingedrückt und in viele Splitter zersprungen.

Hat man sich überzeugt, daß Alles in Ordnung ist, so kann man die obere Glasplatte herausnehmen, den beabsichtigten Theil hineinbringen, metallene Leitungsdräthe durch die kleineren Oeffnungen führen und Alles hermetisch schließen, um den Versuch auf die früher geschilderte Weise vorzunehmen.

Da ein ähnlicher Kasten, der nur nicht so starke Glaswände zu haben braucht, zu manchen anderen später zu erwähnenden Versuchen dient, so kann es wünschenswerth sein, daß man ihn im Ganzen unter ein Mikroskop zu bringen vermag. Der von mir gebrauchte Apparat hat daher 12½ Centimeter Länge, 7½ Centimeter Breite und 3½ Cent. Höhe. Er kann, wie man sieht, einen ganzen Frosch aufnehmen und nichts desto weniger noch unter einem größeren Schieck'schen Mikroskop mit mäßig starken Vergrößerungen durchsucht werden.

2232 **Chemische Einflüsse.** Berührt die Atmosphäre rothe Muskeln, die im Leben von der Luft abgeschlossen waren, so erzittern sie häufig von selbst (§. 2141.). Man bemerkt daher oft Wechselkrämpfe der einzelnen Muskelbündel in Thieren, die unmittelbar nach dem Tode enthäutet worden sind. Die durchschnittenen Halsmuskeln eines Enthaupteten zucken nicht selten noch eine halbe Stunde nach dem Tode. Viele chirurgische Operationen geben Gelegenheit, ähnliche Erfahrungen an Lebenden zu machen (§. 2141.).

2233 Ruht auch das Herz unmittelbar, nachdem man es bloßgelegt hat, so finden sich doch oft in der Folge seine Bewegungen von selbst ein. Aeltere Forscher bemerkten schon, daß die in die Herzhöhlen eingetriebene Atmosphäre den Schlag von Neuem anzuregen oder zu beleben im Stande

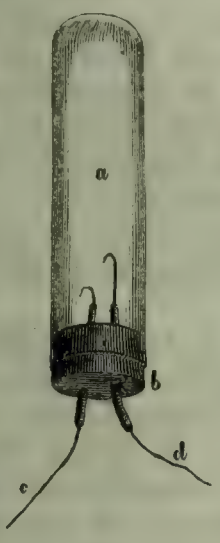
ist. Payer und Wepfer[1]) überzeugten sich hiervon, indem sie Luft von dem Milchbrustgange aus, und Haller, wenn er sie durch die Hohlvene zuleitete. Nysten und viele andere Forscher haben später das Gleiche beobachtet.

Wir haben früher (Bd. I. §. 1392.) gesehen, daß viele giftige Gase 2234
den Tod binnen Kurzem herbeiführen. Die Zeit, die hierzu nöthig ist, wechselt in hohem Grade mit der Verschiedenheit der hier in Betracht kommenden Geschöpfe. Dasselbe gilt wahrscheinlich für die Reizbarkeitserscheinungen der Muskeln. Es fehlt jedoch noch an einer hinreichend großen Zahl vergleichender Versuchsreihen, nach denen die näheren Normen festgestellt werden könnten.

Die Fig. 63. abgebildete Röhre und der Fig. 62. dargestellte Kasten können auch hier zum Ziele führen. Man füllt die Röhre *a*, Fig. 63., mit Wasser oder mit einer anderen passenden Flüssigkeit, bringt das Präparat, das man untersuchen will, hinein und stürzt das Ganze über einem mit dem gleichen Fluidum gefüllten Becken um. Man hat so eine pneumatische Wannenvorrichtung. Wird die Zuleitungsröhre des Gases in das offene untere Ende von *a*, Fig. 63., eingesetzt, so verdrängen die herauskommenden Gasblasen das Wasser und erfüllen nach und nach die ganze Röhre. Die Dräthe *b* und *c* können wiederum mit den Elektroden des Magnetelektromotors in Berührung gebracht werden.

Fig. 63.

Fig. 64.



Man hat hier den Nachtheil, daß das Froschpräparat eine Zeit lang in der in *a* befindlichen Flüssigkeit bleiben muß. Will man dieses vermeiden, so nimmt man eine an einem Ende zugeschmolzene Röhre *a*, Fig. 64, füllt sie mit dem Gase auf die eben geschilderte Weise und schließt sie unter Wasser mit einem eingepaßten Zapfen *b*, den die beiden mit Siegellack überzogenen Metalldräthe *c* und *d* durchbohren. Man kann das Präparat an die Haken derselben im Freien aufstechen. Es berührt dann nur die Flüssigkeit während der kurzen Zeit, welche das Einsetzen des Zapfens in Anspruch nimmt.

Will man den §. 2231. beschriebenen Kasten gebrauchen, so führt man das Präparat ein, schließt Alles und verbindet die Röhre *c*, Fig. 65., mit dem Apparate, der das Gas entwickelt, *d* dagegen mit einer großen mit Flüssigkeit gefüllten umgestürzten Flasche (siehe Bd. I. S. 561.

Fig. 65.

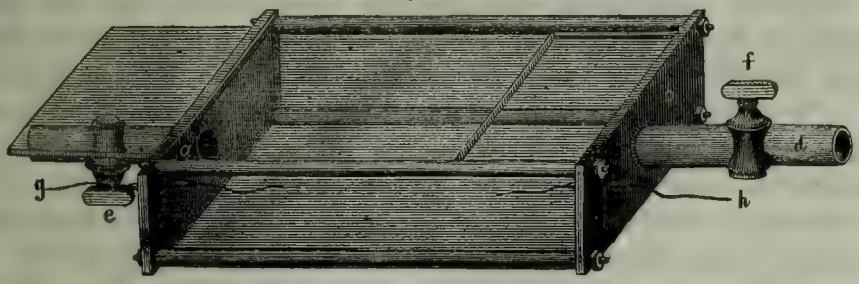
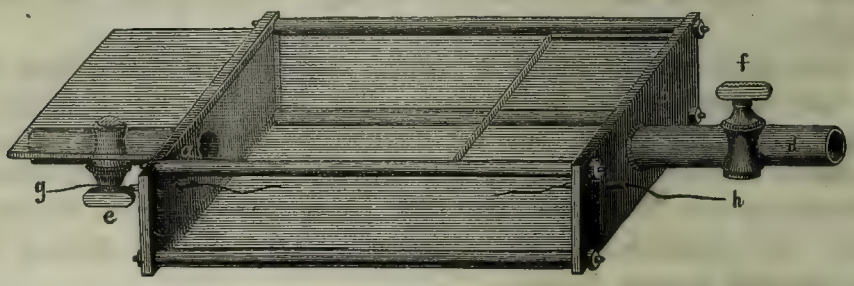


Fig. 176.). Man läßt nun so viel Gas durchstreichen, daß die große Flasche 10 bis 20

[1]) J. J. Wepfer, Historia Cicutae aquaticae. Basileae, 1716. 4. p. 89.

mal so viel, als der Rauminhalt des Kastens beträgt, aufgenommen hat. Man kann hiernach sicher sein, daß die durchgeführte Luftart und fast keine Atmosphäre das

Fig. 66.



Präparat umgiebt. Schließt man die Hähne *e* und *f* und verkittet noch zur Vorsicht die Fugen derselben, so ist man im Stande, den Kasten von dem übrigen Apparate zu trennen und ihn allein unter das Mikroskop zu bringen.

2235 Froschpräparate, wie sie Fig. 41. abgebildet worden, bewahrten die vollste Lebhaftigkeit ihrer Muskelbewegungen, wenn sie auch länger als eine Stunde in Wasserstoff verweilt hatten. Brachte ich in dieses Gas ein Herz, das nicht mehr von selbst klopfte, so zog es sich nicht ohne weitere Veranlassung zusammen. Es schlug dagegen auf das Kräftigste unter dem Einflusse des Magnetelektromotors.

2236 Der Schwefelwasserstoff wirkt weit langsamer auf Frösche als auf warmblütige Geschöpfe und Insekten. Ein Frosch im Ganzen lebte in diesem Gase länger, als 2 Stunden. Die Muskeln des Augapfels, der oberen und der unteren Extremitäten bewahrten noch ihre Empfänglichkeit mehr, als 2½ Stunden, wenn sie auch von den entsprechenden Centraltheilen des Nervensystems getrennt waren. Ein noch klopfendes Froschherz setzte von selbst seine Bewegungen in Schwefelwasserstoff über ¼ Stunde fort.

2237 Legte ich ein Schenkelpräparat eines Frosches in destillirtes Wasser und das zweite in Wasser, das eine beträchtliche Menge von Schwefelwasserstoffgas verschluckt hatte, so erhielt sich die Reizbarkeit mehr als 1½ Stunden in beiden Flüssigkeiten. Die Muskeln, die in dem reinen Wasser verweilt hatten, zuckten aber noch nach drei Stunden unter dem Einflusse des Magnetelektromotors. Die Anderen hatten um diese Zeit ihre Empfänglichkeit gänzlich verloren.

2238 Tropfbare Flüssigkeiten und Lösungen fester Körper, die den Molecularzustand der Nerven oder der Muskeln in durchgreifendem Maaße chemisch ändern, heben auch wahrscheinlich immer die Reizempfänglichkeit auf. Durchdringen Weingeist, Aether, Säuren, Alkalien oder Lösungen ätzender Stoffe, wie von salpetersauerem Silberoxyd ein Froschpräparat, so verliert es seine Kräfte auf der Stelle oder nach kurzer Zeit. Sind diese schädlichen Körper mit Wasser gemengt, so bestimmt der Dichtigkeitsgrad einen großen Theil des Erfolges. Man kann dann bemerken, daß eine starke Lösung von kaustischem Kali rascher zerstört, als wässrige Säuren. Größere Mengen gleichgültigerer Körper, wie Kochsalz, wirken schwächer, als Säuren oder Alkalien. Werden die Aetzstoffe an den Nerven oder an

dieſen und den Muskel zugleich gebracht, ſo erhält man häufig eine heftige Zuckung, ſo wie der verderbliche Körper die Maſſe zu verändern anfängt.

Beſchränkt ſich die Wirkung auf eine einzelne Stelle des Nerven, ſo 2239
kann der Grad des Eingriffes in zweierlei Weiſe wirken. Arbeitet man mit ſehr verdünnten Löſungen, ſo gelingt es bisweilen, daß ſie nur die Rolle eines vorübergehenden Reizes übernehmen. Das Froſchpräparat zuckt im Augenblicke der Berührung. Der Nerve hat aber deshalb nicht für immer ſeine Kräfte verloren. Er antwortet auch noch ſpäter auf mechaniſche Reize. Die wiederholte Anwendung der früheren Löſung kann ſogar noch ſogleich eine neue Zuckung in glücklichen Fällen hervorlocken. Greift dagegen die chemiſche Verbindung tiefer durch, ſo verhält ſich die verletzte Stelle, wie wenn hier die Primitivfaſern des Nerven der Quere nach durchſchnitten worden wären. Die Punkte, die oberhalb derſelben liegen, können nicht mehr die Thätigkeit der Muskeln anregen. Stammt das Präparat von einem getödteten Thiere, ſo geht die Reizbarkeit des verletzten Theiles für immer verloren. Die Ernährungsveränderungen dagegen, die das Leben begleiten, ſind noch im Stande, Eingriffe, welche die Molecularbeſchaffenheit des Nerven geändert haben, nach und nach zu beſeitigen.

Man kann mit Recht behaupten, daß immer die Lebenseigenſchaften 2240
der Primitivfaſern an den Stellen, an denen die mikroſkopiſche Unterſuchung die Merkmahle der Gerinnung des Nerveninhaltes nachweiſt, zu Grunde gegangen ſind. Man darf aber nicht umgekehrt annehmen, daß ſie, wo dieſes nicht Statt findet, fortdauern. Manche vollkommen abgeſtorbene Primitivfaſern zeigen häufig kein Merkmahl von Zerſetzung, das wir mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln der Forſchung nachzuweiſen im Stande wären.

Wirkt ein feindlicher Körper von außen ein, ſo werden natürlich die 2241
oberflächlichen Primitivfaſern früher, als die tieferen ergriffen. Es kann daher vorkommen, daß der Nerve, wenn er im Ganzen mäßig gedrückt wird, keine Antwort bedingt, daß aber einzelne ſeiner zerfaſerten Aeſte Zuckungen erregen.

Werden betäubende Gifte dem Blute eines Thieres einverleibt, ſo 2242
ändert ſich bald der Zuſtand der Reizempfänglichkeit. Hat man einen Froſch mit Opium oder Strychnin vergiftet, ſo bedarf es oft nur des geringſten mechaniſchen Anſpruches, wie der Erſchütterung des Tiſches, auf dem das Ganze liegt, damit die heftigſten Starrkrämpfe zu Stande kommen. Andere betäubende Gifte, wie Blauſäure oder Wourali, vernichten die Reizbarkeit ſo ſchnell, daß ſie ſchon kurze Zeit nach dem Tode gänzlich verloren geht.

Läßt man die Löſungen ſolcher Körper auf den von ſeinen Nachbar- 2243
gebilden getrennten Hüftnerven wirken, ſo hängt der Erfolg von den chemiſchen und nicht von den narkotiſirenden Eigenſchaften der gebrauch-

ten Mischung ab. Kürschner[1]) schob ein Kartenblatt unter den bloßgelegten Hüftnerven eines Kaninchens und tropfte auf ihn Blausäure, die eine Stunde vorher bereitet und indeß in Schnee aufbewahrt worden war. Die Empfänglichkeit der auf diese Weise angesprochenen Stelle blieb dessenungeachtet unversehrt. Lösungen von Strychninverbindungen können zu dem gleichen Ergebnisse führen. Enthauptet man einen Frosch, trennt alle Theile des Oberschenkels bis auf den Hüftnerven, bestreut diesen mit einem Strychninsalze und befeuchtet das Pulver mit Wasser oder taucht man ein Nervenstück eine Zeit lang in eine laue Strychninlösung, so werden noch Reize, die oberhalb der Versuchsstelle eingreifen, beantwortet.

2244 Wiederholt man die Versuche mit kalter wässriger Opiumtinctur, so erhält man andere Ergebnisse. Die Wirkung stimmt mit der eines schwachen Aetzstoffes überein. Die Stellen, an denen die Mischung hinreichend eingedrungen ist, werden ertödtet. Die unter ihnen liegenden Punkte dagegen bewahren ihre Reizbarkeit. Lähmungserscheinungen, die eigenthümlichen betäubenden Kräften zuzuschreiben wären, geben sich auch hier nicht zu erkennen.

2245 Gießt man eine Strychninlösung auf einen Muskel, so schwindet deshalb nicht die Reizbarkeit in dem Augenblicke der Berührung. Man kann ein klopfendes Froschherz in wässrige Opiumtinctur tauchen, ohne daß seine Schläge sogleich aufhören. Sie werden höchstens geschwächt, erhalten sich aber auch häufig unverändert. Man muß übrigens in allen diesen Versuchen im Auge behalten, daß schon das kalte Wasser allein die Empfänglichkeit herabstimmt. Man kann Katzen dadurch tödten, daß man ihnen kaltes Wasser in die Drosselvene in centripetaler Richtung einspritzt. Die Bewegungen des Herzens werden dann binnen Kurzem aufgehoben.

2246 Henry und Joh. Müller haben zuerst bemerkt, daß die Innenfläche des Herzens gegen Opiumtinctur empfindlicher, als die Außenseite ist. Schneidet man ein klopfendes Froschherz auf und betupft man es mit wässriger Opiumtinctur, so steht die Kammerbewegung auf der Stelle wie im Starrkrampf[2]) still. Selbst stärkere galvanische Ströme sind nicht im Stande, Zuckungen hervorzurufen. Bringt man das Herz im Ganzen in wässrige Opiumlösung, so ruht es, so wie die Flüssigkeit in seine Höhlen eingedrungen ist.

2247 Tauchte ich klopfende Froschherzen in möglichst starke Blausäure, die einige Stunden vorher bereitet und indeß in Schnee vor dem Lichte geschützt aufbewahrt worden war, so klopften sie noch, wenn sie wieder auf den Tisch gelegt wurden. Sie zogen sich aber schwächer und gleichsam mühsamer zusammen. Standen sie still, so riefen mechanische Reize leisere Schläge hervor. Oeffnete ich die Kammer anderer Herzen und begoß die Innenfläche mit derselben Blausäure, so wirkte diese nachtheiliger. Das

---

[1]) Kürschner, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 37.

[2]) Vergl. Ed. Weber, a. a. O. S. 38.

Herz blieb ruhig oder zuckte höchstens noch einige Mal sehr schwach. Gab sich aber auch der größere Einfluß der Innenseite deutlich zu erkennen, so antworteten doch die meisten Präparate noch auf mechanische Ansprüche, wiewohl nur in geringem Grade. Hatte ich bloß die geöffnete Herzspitze mit der Blausäure in Berührung gebracht, so schadete dies weniger, als wenn die ganze aufgeschnittene Kammer mit den Vorkammern eingetaucht worden war. Diese Erscheinung hängt vermuthlich mit gewissen Einflüssen der Querfurche des Herzens, die wir in der Lehre von der Nerventhätigkeit kennen lernen werden, zusammen.

Die betäubenden Gifte wirken daher örtlich auf das Herz. Die Innenseite genießt in dieser Hinsicht eines wesentlichen Vortheils vor der Außenfläche. 2248

Nervöse Reize. — Wir haben gesehen, daß wir jede beliebige Stelle des Hüftnerven gebrauchen können, um Zuckungen der entfernt gelegeneren Muskeln des Unterschenkels und des Fußes anzuregen. Es muß sich daher die Wirkung längs der Primitivfasern bis zu deren peripherischen Enden fortpflanzen. 2249

Wir können uns zweierlei Vorstellungen über die Art, wie dieses geschieht, bilden. Man nimmt an, daß ein Nervenäther in der Faser centrifugal strömt, oder daß sich Schwingungen bis zu den Endschlingen fortpflanzen. Wir haben daher hier dieselben beiden Annahmen, die auch in der Ausfluß- und der Wellenlehre des Lichtes wiederkehren. Die Optik kam erst zu einem sicheren Urtheil, nachdem Young, und Fresnel die Erscheinungen der Interferenz und der Polarisation auf bestimmte mathematische Gesetze zurückgeführt hatten. Der Sieg entschied sich hierdurch für die Wellenlehre. Die Physiologie befindet sich dagegen noch auf demselben Standpunkte, den die Lehre vom Lichte im vorigen Jahrhundert einnahm. Beide Vorstellungen sind möglich. Wir werden aber bald eine Thatsache kennen lernen, die auch hier die Annahme von Wellenbewegungen wahrscheinlicher macht. 2250

Jedes Endgeflecht des bewegenden Nerven umstrickt mehrere neben einander liegende Muskelfasern. Eine Faser wird aber zu wiederholten Malen ihrer Länge nach mit Nerven versehen. Die Wirkung, die sich längs der Nervenfasern fortpflanzt, muß einen gewissen Raumbezirk beherrschen. Alles deutet darauf hin, daß ihr Einfluß, gleich der der Schwere (§. 1928.) oder der anderen allgemeineren Wirkungen, in einem bestimmten Verhältnisse der Entfernung abnimmt, und daß sich eben deshalb die Menge der Nerven zur vollständigen Versorgung eines Muskels vervielfältigt. 2251

Muß sich eine Muskelmasse zu oft bewegen, so erschöpft sich ihre Reizbarkeit für den Augenblick. Wir können hieraus schließen, daß jede einzelne Zuckung eine entsprechende Größe molecularer Veränderungen in Anspruch nimmt. Vergrößert sich der Verlust in dem Grade, daß ein 2252

gleichförmiger Erfolg für den Augenblick unmöglich ist, so bleibt auch die Verkürzung aus[1]).

2253 Haben zu häufige oder zu starke Wirkungen den Muskel eines lebenden Thieres erschöpft, so sammelt sich erst wieder die Kraft in den Ruhezeiten. Es liegt nahe, den Grund der Erholung in den Ernährungserscheinungen zu suchen. Der Einfluß des Blutkreislaufes und seiner wesentlichsten Nebenglieder, der Verdauung und der Athmung, würden hiernach die verlorenen Bedingungen von Neuem herstellen.

Wir haben aber früher (§. 2201.) gesehen, daß sich auch ein losgeschnittener Froschschenkel erholen kann. Seine Reizbarkeit sinkt zwar stetig. Die Ruhe ist aber immer noch im Stande, die Empfänglichkeit verhältnißmäßig zu erhöhen. Nehmen auch anhaltende Zuckungen die Kräfte in reichlicherem Maaße in Anspruch, so verliert sich doch die Fähigkeit der Verkürzung um Vieles später, wenn äußere Einflüsse, wie laues Wasser, die Verhältnisse begünstigen (Siehe oben S. 62.).

Die Thätigkeiten der lebenden Körper unterstützen daher nur die wohlthätigen Einflüsse der Ruhe dem Grade nach; sie bilden aber keine unerläßliche Grundbedingung des Ganzen. Erholen sich die Muskeln und die Nerven, die kein frisches Blut mehr empfangen und die nicht mehr mit dem Gehirn und dem Rückenmarke verbunden sind, so kann höchstens das stockende Blut und die Ernährungsflüssigkeit den Bedingungen, die sie hierzu nöthig haben, Genüge leisten.

2254 Man kann annehmen, daß die Wärme des lauen Wassers die Molecularbeschaffenheit des Nerveninhaltes, der zu den Schwingungen nöthig ist, zu erhalten vermag. Die Flüssigkeit selbst ist überdieß im Stande, die Schädlichkeiten der Atmosphäre abzuhalten und die Nebenhilfe der Ernährungsstoffe zugänglicher zu machen.

2255 Die Wirkungen wechseln, wie wir sehen, mit Verschiedenheit der Reize. Zucken die Muskeln nicht, wenn man den Nerven mit einer scharfen Scheere rasch durchschneidet, so ziehen sie sich, so wie er gedrückt wird, zusammen (§. 2144.). Beantworten sie keine mechanischen oder chemischen Ansprüche, so gehorchen sie noch dem Einflusse des Galvanismus. Es ergiebt sich hieraus, daß die Fortpflanzung der Schwingungen des Nerveninhaltes von gewissen feineren Molecularverhältnissen, wie die des Lichtes, der Elektricität und anderer allgemeiner Naturkräfte abhängen.

2256 Die Voltaische Alternative (§. 2204.) kann uns noch einen Schritt weiter führen. Ein Froschpräparat, das die häufige Einleitung eines positiven centrifugalen Stromes gelähmt hat, beantwortet auf der Stelle eine positive centripetale Strömung. Hört diese später zu wirken auf, so erregt sie entgegengesetzte neue Zuckungen. Es muß daher die bestimmte Stromesrichtung die Theilchen so polarisiren, daß sie für die Einflüsse der umgekehrten Wirkung empfänglicher werden. Wir werden

[1]) Vergl. J. Henle, Handbuch der rationellen Pathologie. Bd. I. Zweite unveränderte Auflage. Braunschweig, 1846. 8. S. 110.

auf die Bedeutung dieses Schlusses in der Betrachtung der Nerventhätigkeit zurückkommen.

Die Erfahrung lehrt, daß anhaltende Uebung einen Muskel stärkt. 2257
Es wird daher nicht bloß die Erschöpfung, welche die Zusammenziehung bedingt, ausgeglichen, sondern auch noch ein Ueberschuß von Kraft durch die Anhäufung kleiner Begünstigungen hergestellt. Wir wissen, daß dann die Muskelfasern röther werden und können auf mittelbarem Wege finden, daß sich ihre Zahl vergrößert (Bd. I. §. 1701.). Der Vortheil hängt daher nicht nothwendiger Weise von einer Erhöhung der Intensität der Nervenwirkung allein ab. Er kann auch von einer üppigeren Ernährung der Theile, die von ihr beherrscht werden, ausgehen.

Halten wir uns an die äußeren Erscheinungen, so rufen dreierlei 2258
Ursachen Bewegungen hervor. Ein fremder äußerer Reiz trifft den Nerven unmittelbar. Die Zuckung erzeugt sich daher auf dieselbe Art, wie wenn sie künstlich an dem losgeschnittenen Froschschenkel zu Stande gebracht wird. Die Einwirkung des Blutes, der Nervenkörper oder anderer innerer Ursachen kann aber auch den von außen her eindringenden Einfluß ersetzen. Die Nerven arbeiten in beiden Fällen, ohne daß wir es wollen und nicht selten ohne daß wir es merken. Wir können aber noch ihre Thätigkeit in gewissen beschränkten Grenzen nach dem Befehle unseres Geistes anregen.

Die Betrachtung der Nerventhätigkeit wird uns zu der Ueberzeugung 2259
führen, daß ein großer Theil dieses Unterschiedes wegfällt, so wie unsere Erkenntniß der nervösen Wirkungen weiter dringt. Die Natur der Gewebe, die der Zusammenziehung dienen, und die der Nervenmittelpunkte, die sie beherrschen, bilden die wesentlichsten Glieder, von denen Alles abhängt. Die rothen, quergestreiften Muskelfasern, die uns hier beschäftigen, stehen noch am Meisten unter den Willensbefehlen. Das Herz bildet in dieser Hinsicht die einzige mit Sicherheit anzunehmende Ausnahme.

Die zweifelhaften Verhältnisse der Speiseröhre werden uns später beschäftigen.

Beziehung der Reizbarkeit zu den Nerven. — Zwei ver- 2260
schiedene Vorstellungen kämpfen hier mit einander seit mehr als einem Jahrhundert. Man kann annehmen, daß sich das Gewebe der quergestreiften Fasern ohne weitere Nebenhilfe zu verkürzen vermag. Die Schwingungen des Nerveninhaltes regen nur diese Kraft eben so gut, wie mechanische, chemische oder galvanische Reize an. Sie bilden die gewöhnliche Gelegenheitsursache, sind aber nicht die wesentliche Bedingung der Erscheinung. Diese Auffassungsweise geht aus der schärfsten Durchführung der Haller'schen Reizbarkeitslehre hervor.

Denkt man sich dagegen, daß sich die Muskeln, nur wenn die Schwingungen des Nerveninhaltes wirken, verkürzen, so unterwirft man eine der Hauptthätigkeiten unseres Körpers dem unbeschränkten Einflusse der Nervengebilde. Dieser Standpunkt gehört vorzugsweise derjenigen Richtung an, die das Nervensystem, den vorzüglichsten Träger aller thierischen Lebensäußerungen, so einflußreich als möglich zu machen sucht.

2261 Alle Thatsachen, die man für die eine oder die andere Ansicht angeführt hat, gestatten keine ganz sichere Entscheidung. Man kann höchstens mit Wahrscheinlichkeitsgründen die eine oder die andere Ansicht unterstützen.

2262 Hat man den Hüftnerven eines Säugethieres oder eines Frosches durchschnitten und sorgt dann dafür, daß er sich nicht wieder erzeugt, so behält zwar das gelähmte Glied seine Reizbarkeit im Anfange bei. Sie vermindert sich aber nach einiger Zeit und geht früher oder später gänzlich verloren.

Reizt man das untere Stück des durchschnittenen Hüftnerven eines Frosches einige Tage nach der Verletzung, so ziehen sich die Wadenmuskeln lebhaft zusammen. Sie können sogar noch mit derselben Kraft, wie die des gesunden Beines wirken. Wiederholt man den Versuch in der zweiten bis dritten Woche, so pflegt man höchstens schwache Zuckungen zu erhalten. Ist noch mehr Zeit seit der Verwundung verflossen, so werden selbst stärkere galvanische Ströme nicht mehr beantwortet.

2263 Säugethiere führen zu denselben Ergebnissen. Hatten Joh. Müller[1]) und Sticker 11 Wochen vorher ein Stück des Hüftnerven des Hundes ausgeschnitten, so zuckten die Wadenmuskeln nicht, wenn der untere Theil des Nerven mechanisch oder galvanisch mittelst eines einfachen Plattenpaares gereizt wurde. Sprachen sie aber die Muskelmasse selbst an, so erhielten sie leise Zusammenziehungen. Aehnliche Untersuchungen, die von jenen Forschern, Nasse, Steinrück, Günther und mir an Kaninchen angestellt wurden, bestättigten es, daß die Reizbarkeit nach mehreren Monaten verloren geht.

Hatte ich den Hüftnerven eines Kaninchens durchschnitten, so regten sich die Wadenmuskeln 10 Wochen später nicht mehr, man mochte das untere Stück des getrennten Nerven oder die Muskelmasse selbst ansprechen. Diese zuckte aber noch einige Zeit vorher, wenn sie von dem galvanischen Strome unmittelbar getroffen wurde. Lagen aber dann die Poldräthe nur an dem Nerven oder an ihm und dem Muskel an, so wurde die Ruhe des Ganzen nicht gestört[2]). Günther und Schön[3]), so wie Stannius[4]) machten im Wesentlichen die gleichen Erfahrungen an Fröschen. Verfolgte endlich Longet[5]) die Erscheinungen Tag für Tag in Hunden, so fand er, daß die Wirkung schon nach dem vierten Tage und selbst früher[6]) ausblieb, wenn man den Nerven allein ansprach. Es war hierbei gleichgültig, ob man sich an die Antlitznerven und die Gesichtsmuskeln, den Zungenfleischnerven und die Zunge oder den Hüftnerven und die Wadenmuskeln wandte. Reizte man dagegen die Gesichtsmuskeln selbst me-

---

[1]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. Bd. II. Coblenz, 1837. 8. S. 49. 50.
[2]) De functionibus nervorum. Bernae, 1839. 4. p. 125.
[3]) Günther und Schön, in Müller's Archiv. 1841. S. 277.
[4]) Stannius, in Froriep's neuen Notizen. Weimar, 1841. 4. Nr. 418. S. 337 bis 340. Vergl. überdieß Harless, in Müller's Archiv. 1847. S. 228.
[5]) F. A. Longet, Anatomie et Physiologie de système nerveux de l'homme et des animaux vertébres. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 59 — 63.
[6]) Longet, in der Gazette médicale de Paris. 1841. Nro. 22. pag. 347.

chanisch oder galvanisch, so erzitterten sie noch ein Vierteljahr nach der Nervendurchschneidung. Setzte man den Hüftnerven, so wie er durchschnitten worden, einem starken galvanischen Strome aus, so fielen später die Zuckungen schwächer aus. Die Reizempfänglichkeit des Nerven erhielt sich aber eben so lange, als wenn ihn im Anfange kein starker Strom zur Thätigkeit gezwungen hätte.

Bestimmte Gewebeveränderungen begleiten den Verlust der Reizbar- 2264
keit. Viele Primitivfasern des unteren Nervenstückes bewahren ihre regelrechte Form. Andere dagegen können auf die schon Bd. I. S. 716. geschilderte Weise zu Grunde gehen. Die Muskelfasern unterliegen ebenfalls häufig dem Ernährungswechsel, den wir Bd. I. S. 723. kennen lernten.

Das Skelett kann vielleicht sogar nach Reid[1]) an diesen Umbildun- 2265
gen Theil nehmen. Hatte er 7 Wochen vorher ein Stück des Hüftnerven in einem Kaninchen ausgeschnitten, so wogen die Muskeln des gesunden Gliedes 20,3 und die des kranken 10,5 Grm. Das Schienbein und das Wadenbein hatten in jenem 5,5 und in diesem 5,0 Grm. Dieser kleine Unterschied kann jedoch auch von einer Verschiedenheit des Blutreichthums und der Feuchtigkeit des gewogenen Theiles abgehangen haben.

Wir haben früher (§. 2189.) gesehen, daß die Reizbarkeit des Nerven 2266
eines Froschpräparates centrifugal schwindet. Die feinsten Aeste, die sich in der Muskelmasse verbreiten, bewahren ihre Empfänglichkeit am längsten. Die oben mitgetheilten Erfahrungen deuten an, daß das gleiche Gesetz für durchschnittene und nicht wieder erzeugte Nerven des lebenden Körpers wiederkehrt.

Die Thatsache, daß die Muskelmasse selbst länger, als der bewegende 2267
Nervenstamm reizbar bleibt, wurde von vielen Forschern für einen unumstößlichen Beweis der Haller'schen Lehre angesehen. Erinneren wir uns aber, daß die Kräfte des bewegenden Nerven im Leben, wie nach dem Tode in centrifugaler Richtung schwinden, so fragt es sich, ob nicht die Nervenenden, die in dem Inneren der Muskeln eingebettet sind, ihre Wirkungen später verlieren. Antwortet noch die angesprochene Muskelmasse, so können sich sowohl die Fasern unmittelbar als unter dem Einflusse der noch thätigen Endgeflechte der Nerven verkürzen[2]).

Manche Erscheinungen, die man an dem Herzen in den §. 2216. 2268
beschriebenen Versuchen beobachtet, können sogar verleiten, sich gegen die Haller'sche Lehre auszusprechen. Hat man ein Froschherz, das nicht mehr von selbst schlägt, so fängt es oft wieder zu klopfen an, so wie man die beiden Dräthe des Fig. 55. §. 2206. abgebildeten Elektromotors an die Querfurche anlegt. Schneidet man nun die Kammerspitze los und bringt diese allein auf einer Glasplatte in den Kreis der elektrischen Wirkung, so erhält man dann häufig keine Zuckungen mehr. Ein oberhalb derselben

[1]) J. Reid, On the relation between muscular contractility and the nervous System. Edinburgh, 1841. 8. p. 9.

[2]) Vgl. schon Collezione dell' Opere del Cavaliere Conte Al. Volta. Tomo II. Parte I. Firenze, 1816. 8. p. 151.

abgeschnittener Muskelring verhält sich eben so ruhig. Die Vorkammern und die noch übrigen Theile der Kammer klopfen aber von selbst fort oder werden wieder zu neuen Schlägen durch den Einfluß des Magnetelektromotors bestimmt.

Die Betrachtung der Nerventhätigkeit wird uns zu der Ueberzeugung führen, daß gewisse ordnende Mittelpunkte der Herzthätigkeit in der Gegend der Querfurche liegen und daß hier mikroskopische Nervenknoten angebracht sind. Die eben angeführten Versuche können daher leicht zu dem Schlusse führen, daß die Kammerverkürzung diese Nervengebilde als ihre wesentlichsten Erreger nöthig hat.

Wiederholt man aber die Versuche häufiger, so überzeugt man sich, daß die losgeschnittene Herzspitze nicht immer ruht. Es kommt nicht selten vor, daß sie sich im Kreise des Magnetelektromotors auf das Kraftvollste mehrere Male zusammenzieht. Sie steht freilich früher, als das Herz im Ganzen still. Dieses beweist aber nur, daß der Einfluß der Gewebe der Querfurche die Wirkung begünstigt, entscheidet dagegen Nichts in der uns hier beschäftigenden Frage.

Das Herz des Kaninchens lieferte mir die gleichen Ergebnisse. Die losgeschnittene Herzspitze verkürzte sich verhältnißmäßig noch kraftvoller, als im Frosche, ich mochte die Dräthe des Magnetelektromotors an die Außenseite oder an die Innenfläche anlegen. Der an den Vorhöfen haftende Kammerring antwortete immer schwächer, als die Vorhöfe und die Herzohren.

2269 Reid[1]) durchschnitt die Nerven der Hinterfüße in vier Fröschen unmittelbar nach dem Austritte des Lendengeflechtes aus dem Wirbelcanale und leitete täglich einen galvanischen Strom durch das eine, nicht aber durch das andere gelähmte Bein. Die Reizbarkeit hatte sich zwar noch 8 Wochen später erhalten. Während aber die Muskeln, die jeden Tag künstlich geübt wurden, ihre gewöhnliche Fülle und Festigkeit behielten, waren die, die man sich selbst überließ, welk und abgezehrt.

Stände diese Thatsache fest, so ließe sich annehmen, daß nur ein Nebeneinfluß, nämlich der Thätigkeitsmangel, den Verlust der Reizbarkeit in den gewöhnlichen Versuchen herbeiführte. Die Angaben der späteren Forscher widersprechen aber einander in dieser Hinsicht. C. Emmert[2]) behauptet, daß zwar die Muskeln der nicht galvanisirten Theile blasser werden, daß aber endlich die Reizbarbeit schwindet, man mag den Froschfuß täglich ein oder mehrere Male der Wirkung des elektrischen Stromes aussetzen oder nicht. Sie soll nach ihm früher, als in der ruhig gelassenen Extremität und ehe noch wesentliche Ernährungsveränderungen der Muskeln eingetreten sind, aufhören. Starke Galvanisation führt dieses am Leichtesten herbei. Matteucci[3]) dagegen gelangte zu anderen Resultaten. Durchschnitt er die beiden Hüftnerven eines Frosches und gal-

---

[1]) Reid, a. a. O. p. 9. 10.

[2]) C. Emmert, Beiträge zur Pathologie und Therapie, mit besonderer Berücksichtigung der Chirurgie. Heft II. Bern, 1846. 8. S. 36. 54.

[3]) C. Matteucci, Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants. Paris, 1846. 12. p. 254.

vanisirte dann täglich den einen Schenkel, so erhielt sich die Empfänglichkeit desselben längere Zeit, als die des anderen sich selbst überlassenen Gliedes.

Die mikroskopischen Untersuchungen führen ebenfalls zu keinen unum- 2270
stößlichen Schlüssen. Man bemerkt häufig, wie sich einzelne Muskelfasern, die man aus reizbaren Muskeln ausgeschnitten hat, unter Wasser krümmen, runzeln und selbst pendelartig bewegen (§. 2104. und §. 2122.). Ein Rest von Reizbarkeit kann diesen Ortsveränderungen zum Grunde liegen. Es bleibt aber immer der Gedanke offen, daß nur der Einfluß der Nerven die Ladung, welche diese letzte Regung herbeiführt, möglich mache.

Legte ich Stückchen der Bauchmuskeln der Frösche auf den Tisch des 2271
Mikroskopes und ließ die Dräthe einer galvanischen Säule an den benetzenden Flüssigkeitstropfen anlegen und wiederum entfernen, so zuckten die Fasern. Trennte man dagegen andere so weit, daß sich keine Nervenfasern in ihnen wahrnehmen ließen, so konnte keine Verkürzung wahrgenommen werden.

Man sieht leicht, daß alle Thatsachen, die für den vermittelnden Ein- 2272
fluß der Nerven angeführt werden können, auf dem Ausbleiben der Verkürzungserscheinungen fußen. Negative Erfahrungen der Art haben immer einen unsicheren Boden. Eine einzige Zuckung, die unter sonst ungünstigen Verhältnissen beobachtet wird, stößt alle Sätze, die man aus den früheren negativen Beobachtungen hergeleitet hat, um [1]). Wäre dieses nicht der Fall, ließe sich mit völliger Gewißheit behaupten, daß Bruchstücke der Muskelfasern, an denen wir keine Nervengebilde bei der sorgfältigsten mikroskopischen Prüfung entdecken, keine wahrhaft enthalten, so würden die zuletzt erwähnten Erfahrungen ein mächtiges Zeugniß gegen die Haller'sche Reizbarkeitslehre ablegen.

Die Anhänger derselben können aber nicht bloß auf diesen Uebelstand 2273
aufmerksam machen, sondern sich auch auf die Aehnlichkeit mit den übrigen, der Verkürzung fähigen Gebilden berufen. Wir werden später finden, daß die einfachen Muskelfasern getödteter Thiere Reize, die sie selbst treffen, im Allgemeinen leichter, als den Anspruch ihrer Nerven beantworten. Die verschiedenen Theile, welche Verkürzungsgebilde der Art besitzen, verhalten sich in dieser Hinsicht auf eine sehr ungleiche Weise. Man kann mit Bestimmtheit nachweisen, daß sich der Darm, die Blase, die Gebärmutter unter dem Einflusse der sie versorgenden Nerven zusammenziehen. Es gelingt aber nicht, nach Belieben das Gleiche für die größeren Schlag- und Blutadern zu erhärten. Die einfachen Muskelfasern sind jedenfalls für Anregungen, die sie selbst treffen, empfänglicher, als die quergestreiften. Ihre Wirkungen dehnen sich zugleich weiter aus. Es ist aber unmöglich, immer nervöse Centralgebilde, die eine solche Verbreitung vermittelten, nachzuweisen. Viele noch unbekannte Nebenverhältnisse stören hier auch den Erfolg häufiger, als in den rothen Muskeln.

---

[1]) De functionibus nervorum. Bernae, 1839. 4. p. 124.

2274 Man sieht leicht, daß diese Gründe die Frage nicht entscheiden. Da sich Nervenfasern in dem Innern aller Gebilde, welche sich verkürzen können, verbreiten, so wären die Gegner der Haller'schen Reizbarkeitslehre im Stande, hier eigenthümliche Leitungs- und Mittheilungsgesetze der Endverbreitungen der Nervenmasse anzunehmen. Die ganze Sache ist noch nicht nach der einen oder der anderen Seite mit vollkommener Sicherheit erledigt. Wir wissen nur so viel, daß die freien rothen Muskeln weit mehr von den Nervenstämmen, die außerhalb ihrer eigenen Masse verlaufen, abhängen, als die einfachen, blassen.

2275 Einfluß des Blutlaufes auf die Reizbarkeit. — Viele ältere Forscher, wie Stenson, Kaauw Boerhave, Bichat u. A. machten schon die Bemerkung, daß ein Thier, dessen Bauchaorta unterbunden worden ist, die Hinterbeine, wie wenn sie gelähmt wären, nach sich zieht. Hatte Segalas die Hohlvene zugeschnürt, so stellten sich die gleichen Erscheinungen ein. Unterband ich die rechte Hüftschlagader eines fünfwöchentlichen Kaninchens dicht an ihrem Aortenursprunge, so schleppte zwar das Thier das rechte Bein häufig nach. Es bewegte jedoch auch bisweilen dasselbe eben so gut, als das linke. Menschen, denen eine größere Schlagader eines Gliedes unterbunden worden, leiden bisweilen an lähmungsartigen Erscheinungen einzelner Muskeln, bis sich der Seitenkreislauf (Bd. I. §. 1720.) wiederhergestellt hat.

2276 Durchschnitt ich den Hüftnerven lebender Frösche, so schwand die Reizbarkeit nicht auffallend früher, die Schenkelschlagader mochte gleichzeitig unterbunden worden sein oder nicht [1]). Entfernte Engelhardt [2]) das Kreuzbein, drang er so von hinten zur Bauchaorta dieser Thiere vor und umschnürte sie mit einem Faden, so gab sich unmittelbar darauf keine Bewegungsstörung in den Hinterbeinen zu erkennen. Der Frosch war aber sieben Stunden später außer Stande, zu hüpfen; er vermochte sich nur kriechend fortzubewegen. Die Schenkel wurden noch hierbei an den Leib gezogen. War nur die eine Hüftschlagader unterbunden worden, so bediente sich das Thier nicht mehr des entsprechenden Fußes zum Hüpfen. Wurde es 80 Stunden später getödtet, so hoben die Muskeln des kranken Gliedes nur ungefähr $^3/_4$ der Last, welche die des gesunden bewältigten.

2277 Aehnliche Versuche, die ich an Fröschen anstellte, verriethen zwar ebenfalls einen gewissen Einfluß des kreisenden Blutes. Sie lehrten aber zugleich, daß die Erscheinungen innerhalb bedeutender Grenzen wechseln können. Hatte ich die Bauchdecken geöffnet und die Aorta unterbunden, so bemerkte ich in den ersten drei bis vier Stunden keine Aenderung der Bewegung der Hinterbeine. Das Thier sprang aber schon nicht mehr fünf Stunden nach der Verwundung; es kroch und schleppte dann meist die Füße nach, zog sie jedoch auch bisweilen von selbst an. Reizte ich die Haut mechanisch, so regte sich der Frosch. Ober- und Unterschenkel bethä-

---

[1]) De functionibus nervorum. pag. 125.
[2]) Ed. Engelhardt, De vita musculorum observationes et experimenta. Bonnae, 1841. 8. p. 7. 8.

tigten sich aber schwächer als sonst. Galvanische Ströme hatten mäßig starke Zuckungen zur Folge.

Zwei andere Thiere dagegen, in denen ich die Aorta nach der Entfernung des Schwanzbeines unterbunden hatte, gebrauchten ihre Hinterbeine auf das Vollständigste. Hatte ich noch bei einem dritten das Hüftgeflecht der linken Seite durchschnitten, so war nur der linke Schenkel völlig gelähmt. Wir werden auch später sehen, daß die größtmögliche Zugwirkung der Muskeln in den ersten Tagen, die auf die Unterbindung der Schlagader oder der Blutader des Schenkels folgen, fortdauert.

Greift der Wille des Thieres in manche dieser Erfahrungen störend 2278
ein, so läßt sich doch auf anderem Wege zeigen, daß der anhaltende Mangel frischen Blutes die Muskelkraft nach und nach schwächt. Hatte Engelhardt [1]) die rechte Hüftschlagader eines Frosches unterbunden und reizte er dann die Hinterbeine mittelst eines galvanischen Stromes, so zuckten im Anfange beide Füße gleich stark. Der rechte Schenkel blieb aber schon zehn Minuten später zurück und zitterte nur noch sehr schwach, nachdem der Strom eine halbe Stunde lang eingewirkt hatte.

Ich trennte den rechten Hüftnerven in der Mitte des Oberschenkels 2279
und unterband links die Schenkelschlagader in derselben Gegend, hob aber dann noch den unversehrten Hüftnerven in die Höhe und umschnürte alle unter der Haut gelegenen Theile so fest als möglich, um jede Blutzufuhr den Muskeln abzuschneiden. Das Thier wurde bis zu seinem Lebensende, das am eilften Tage eintrat, in Quellwasser aufbewahrt. Beide Unterschenkel und Füße unterschieden sich schon auf den ersten Blick mehrere Tage vor dem Tode des Frosches in ihren Durchmessern. Der Umfang der Mittelgegend des nervös gelähmten Unterschenkels glich $6\frac{1}{2}$ und der der entsprechenden Stelle des linken Beines $8\frac{1}{2}$ Mm. Es hatte sich hier eine größere Menge von Flüssigkeit zwischen der Haut und den umschnürten Muskeln angesammelt. Allein auch diese waren umfangreicher, als die Muskeln des anderen Schenkels. Jene zeichneten sich durch ihre stark rothe Färbung aus und enthielten viele ausgedehnte Gefäße, die mit stockendem Blute gefüllt waren; diese dagegen schienen blasser als gesunde Muskeln zu sein. Die Reizbarkeit beider Hinterbeine erhielt sich länger, als fünf Stunden nach dem Tode. Der nervös gelähmte Schenkel antwortete aber fast immer stärker, als der, dessen Blutlauf aufgehoben worden war. Die Muskeln des letzteren schienen sich auch langsamer zusammenzuziehen und verloren endlich ihre Reizbarkeit gänzlich, als noch der nervös gelähmte Schenkel dieselben galvanischen Ströme sichtlich beantwortete.

Die Fasern der nervös gelähmten Wadenmuskeln zeigten alle wesentlichen Formverhältnisse gesunder Muskelfasern. Viele von denen, durch die kein Blut mehr seit eilf Tagen gekreist hatte, wichen eben so wenig von der Regel ab. Ihre Trennungsstellen hatten sogar die §. 2099. Fig. 32. abgebildeten Gestalten. Die Längsstreifen traten aber in anderen in auffallendem Maaße hervor. Sie waren bisweilen so schlaff, daß sie

[1]) Engelhardt, a. a. O. p. 37.

wellig gebogenen Zellgewebefasern glichen. Manche Muskelfasern lieferten Anschauungen, wie ich sonst bis jetzt noch nicht erhalten habe. Die bündelweise zusammenliegenden Längsfäden hatten sich nämlich, wie es Fig. 27. §. 2078. für die gesunden mit Querstreifen versehenen Fasern andeutet, auf regelmäßige Weise knieförmig eingelegt. Die einzelnen Muskelfasern ließen sich auch leichter wie sonst und selbst rascher, als die der nervös gelähmten Muskeln sondern. Die größere Wasserdurchtränkung des Ganzen hing wahrscheinlich mit dieser Eigenthümlichkeit zusammen.

2280 Fassen wir die allgemeinen Erscheinungen zusammen, so leidet die Reizbarkeit in merklicher Weise, wenn der Mangel der Blutzufuhr tiefere Gewebstörungen veranlaßt hat. Wir haben aber häufig im Anfange schwächere Wirkungen als später. Scheint auch dann das Glied unter gewöhnlichen Verhältnissen gelähmt zu sein, so kann doch noch ein starker Willensreiz die Muskelmassen kräftiger beherrschen.

Manche Krankheitsverhältnisse führen ebenfalls zu dem Schlusse, daß die Muskelkraft sinkt, so wie die Verhältnisse der Blutmischung Störungen des Zusammenhanges nach sich ziehen. Blausüchtige, in deren Schlagadern helles und dunkeles Blut vermengt ist, Skorbutische, Menschen mit Blutflecken oder Faulfiebern, Wassersüchtige, Personen, die häufige Wechselfieber erschöpft haben, leiden zugleich an Muskelschwäche.

2281 Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode. — Viele Untersuchungen, die man über diesen Gegenstand angestellt hat, mußten zu schwankenden Ergebnissen führen, weil man es hier mit zwei Bedingungsgliedern, von denen oft nur das eine ins Auge gefaßt wurde, zu thun hat. Die Zustände, in denen sich die Muskeln vor dem Lebensende befanden, bilden den Ausgangspunkt, die Nebenverhältnisse dagegen, die auf sie wirken, die verändernden Glieder des Ganzen. Verhalten sich aber beide, wie dieses so oft der Fall ist, in den verschiedenen Versuchen ungleich, so werden die Erscheinungen unter denselben einseitigen Voraussetzungen wechseln.

2282 Die Zeit, während der sich die Empfänglichkeit nach dem Tode erhält, scheint in den Thieren, die mit Lungen athmen, mit der Stärke des Sauerstoffverbrauchs zu sinken und mit dessen Schwäche zu steigen. Die Vögel, die am Lebhaftesten athmen, verlieren auch ihre Reizbarkeit wenige Augenblicke nach dem Tode. Amphibien dagegen, die nur geringe Mengen von Sauerstoff aufnehmen und unbedeutende Quantitäten von Kohlensäure abscheiden, bewahren ihre Empfänglichkeit sehr lange. Erhält sie sich in Fröschen Stunden lang, so kann sie sogar in Schildkröten eine und selbst mehrere Wochen zurückbleiben. Die Säugethiere stehen in dieser Hinsicht den Vögeln näher, als den Reptilien. Die einzelnen Thiere führen aber auch hier zu beträchtlichen Unterschieden. Man macht häufig die Bemerkung, das die rothen Muskeln des Pferdes Stunden lang reizbar bleiben, während sie häufig ihre Kräfte in Katzen, Hunden oder Kaninchen viel früher verlieren.

Ein Theil dieses Unterschiedes kann davon abhängen, daß die größere Masse des Pferdes langsamer, als die kleinere anderer warmblütiger Geschöpfe erkaltet. Man bemerkt aber bald, daß hier noch andere Verhält-

nisse durchzugreifen im Stande sind. Zwei Kaninchen, die scheinbar den gleichen Nebenbedingungen ausgesetzt werden, verlieren nicht selten ihre Reizbarkeit in sehr verschiedenen Zeiträumen.

Bedenken wir, wie innig die Wirkungen der Nerven und der Muskeln 2283
mit den Molecularverhältnissen ihrer Gewebe zusammenhängen, so müssen wir schließen, daß die Größe des Sauerstoffverbrauchs mit der Zartheit ihres inneren Baues in Zusammenhang steht. Greift ein erhöhter Verbrennungsproceß in den lebenden Vogel ein, so ändert sich auch wahrscheinlich seine Gewebmasse um so leichter mit dem Stillstande der Athmung.

Junge Säugethiere bewahren im Allgemeinen ihre Reizbarkeit mit 2284
größerer Hartnäckigkeit, als ältere. Erinnern wir uns, daß sie zwar absolut genommen weniger, relativ dagegen mehr Sauerstoff aufnehmen und mehr Kohlensäure ausscheiden (Bd. I. §. 1373.), so kehrt in ihnen nur das eben erwähnte Gesetz wieder.

Es läßt sich für jetzt nicht entscheiden, inwiefern die durch Kiemen athmenden Wasserthiere jener Norm gehorchen oder nicht. Die Verhältnisse ihrer Athmung und ihrer Reizbarkeit müssen in dieser Hinsicht genauer, als es bisher geschehen ist, vergleichend untersucht werden.

Die meisten rothen Muskeln ziehen sich nur hin und wieder zusammen; 2285
sie ruhen, wenn außerordentliche Anregungen mangeln. Der Kreislauf und die Athmung, die ununterbrochen fortdauern, nehmen dagegen eine Reihe von quergestreiften Muskelfasern unaufhörlich in Anspruch. Das Herz schlägt von frühester Embryonalzeit bis zum Lebensende; die ruhigste Athmung benutzt das Wechselspiel des Zwerchfelles zu ihrem Vortheile.

Diese beiden Gebilde zeichnen sich auch häufig dadurch aus, daß sie ihre Reizbarkeit mit vieler Zähigkeit bewahren. Das Herz des Frosches kann Stunden und Tage lang fortklopfen. Das Zwerchfell der Säugethiere zittert oft noch von selbst, wenn schon die übrigen rothen Muskeln, die Herzkammern nicht ausgenommen, ruhen.

Der Abschluß der Luft und eine mäßige Wärme der Umgebung bilden 2286
zwei Nebenverhältnisse, welche diese Erscheinungen in hohem Grade begünstigen. Man kann nicht selten wahrnehmen, daß sich die Reizbarkeit eines Säugethier- oder Froschherzens, das man nicht unmittelbar nach dem Tode, sondern viele Stunden später entblößte, auffallend lange erhalten hat. Die Fälle, in denen das Herz der Frösche Tage lang fortschlägt, kommen im Sommer am Häufigsten vor. Der Abschluß der Luft kann aber hier, wie es scheint, dem schädlichen Einflusse der Kälte entgegenarbeiten. Ließ ich z. B. einen Frosch, dem ich Hirn und Rückenmark zerstört hatte, in einem Zimmer, dessen Wärme des Nachts dem Gefrierpunkte nahe kam, wo nicht unter ihn sank, liegen, und legte erst das Herz 28 Stunden später bloß, so verhielt es sich zwar in dem ersten Augenblick ruhig, schlug aber bald darauf kräftig 15mal in der Minute, ohne daß ein anderer Reiz, als der der Atmosphäre eingewirkt hatte. Durchschnitt ich einzelne Körpermuskeln mit dem Doppelmesser, so zuckten sie oft noch lebhaft.

2287 Ein ausgeschnittenes Froschherz, das in Blut oder in einer anderen geeigneten Flüssigkeit aufbewahrt wird, kann seine Reizbarkeit mehr als zwei Tage in warmer Umgebung beibehalten. E. H. Weber[1]) fand z. B. einmal, daß es 55 Stunden fortklopfte. Es schlug noch 52¼ Stunden nach dem Tode 10½ mal in der Minute. Die Bewegungen waren aber so klein, daß sie nur unter der Lupe wahrgenommen werden konnten. Die Wärme der Hand vergrößerte die Zahl der Pulsationen in merklicher Weise.

2288 Bemerkt das freie Auge keine Regungen mehr, so lassen sich noch oft Zuckungen unter dem Mikroskope wahrnehmen. Die Vorhöfe sind in dieser Hinsicht den Kammern gegenüber im Vortheil. Betrachtet man Abschnitte von ihnen und den Ventrikeln unter stärkeren Vergrößerungen, so sieht man, daß sich die Muskelfasern in jenen kraftvoll zusammenziehen, in diesen dagegen ruhen. Da der verbindende Einfluß der Nervenmassen, wie wir später sehen werden, bis zur Gegend der Querfurche hinabreicht, so ließe sich vermuthen, daß der Grund der Bevorzugung der Vorhöfe in den Knoten der Herznerven, die sich noch an den Schnitten befinden, liege. Das Zwerchfell lehrt jedoch, daß diese Erscheinung nicht nothwendiger Weise der Nebenhilfe zahlreicher Ganglienkugeln bedarf. Man hat sie bis jetzt noch nicht an den Verzweigungen der Zwerchfellnerven wahrnehmen können. Hatte aber auch schon das Leben des Thieres viele Stunden vorher aufgehört, so können doch noch Abschnitte des Zwerchfells Zuckungen unter dem Mikroskope darbieten.

2289 Man vermag auf diese Weise Bewegungen der Muskelabschnitte der Vorhöfe in Hunden 3 bis 8 Stunden nach dem Tode zu erkennen. Remak[2]), der die Erscheinungen genauer verfolgte, traf sie sogar noch in Vögeln und Säugethieren 48 Stunden nach dem Tode an. Das Zwerchfell von Kaninchen behielt sie 24 Stunden. Die Zerstörung des Gehirns und Rückenmarkes und die Durchschneidung des Zwerchfellnerven beeinträchtigen nach ihm diese Erscheinungen nicht.

2290 Verläßt man sich auf das Urtheil des freien Auges, so stößt man auf viele Schwankungen. Das Herz der Frösche klopft zwar oft von selbst fort, wenn die übrigen rothen Muskeln mechanische Reize nicht mehr beantworten. Man findet aber auch nicht selten das Gegentheil. Die Glieder eines enthaupteten Frosches können von den lebhaftesten Starrkrämpfen, wenn man das Ganze in den Kreis eines Magnetelektromotors gebracht hat, ergriffen sein, das Herz aber vollkommen ruhig bleiben. Wird es ausgeschnitten und mit den Poldräthen in Berührung gebracht, so antwortet es bisweilen gar nicht oder nur in leisen Schlägen. Schwankungen der Art, zu deren Erklärung wir für jetzt noch keinen Schlüssel haben, machen daher viele vergleichende Einzelerfahrungen, die man hier anstellt, unsicher.

2291 Das Herz bietet noch bisweilen ein anderes eigenthümliches Verhalten dar. Steht es von selbst still und beantwortet es nicht mehr mechanische oder galvanische Reize, so kann es nichts desto weniger einige

---

[1]) E. H. Weber, in Müller's Archiv. 1846. S. 501. 502.
[2]) Remak, in Müller's Archiv. 1843. S. 183. 186.

Zeit später von selbst zu klopfen anfangen. Die Reizbarkeit vermag sich in dem Grade in der Ruhe zu sammeln, daß gewisse gewöhnliche Ursachen, die wir noch nicht näher kennen, den Thätigkeitswechsel veranlassen.

Nysten [1]) bemühte sich eine Skale, nach der die Empfänglichkeit der 2292
Muskeln enthaupteter Menschen und frisch getödteter Säugethiere schwindet, festzustellen. Schreitet man in aufsteigender Reihe der Dauer der Empfänglichkeit fort, so hat man hiernach die linke und die rechte Kammer, die Speiseröhre, die Muskeln des Rumpfes und der Glieder, den linken und den rechten Vorhof. Die Herzkammern verlieren ihre Kräfte ungefähr 1 Stunde, die Speiseröhre 1½ Stunden und der rechte Vorhof 16½ Stunden nach dem Tode.

Die Versuche, die Hallé und Nysten [2]) über die Einflüsse gewalt- 2293
samer, mittelst chemischer Wirkungen herbeigeführter Todesarten anstellten, lassen sich kaum der Natur der Sache nach auf sichere allgemeine Sätze zurückführen. Waren die Thiere in dem luftverdünnten Raume, in Wasserstoff, Chlor, schwefeliger Säure oder Kohlenwasserstoff, unter Quecksilber oder mittelst des Stranges erstickt worden, so wichen später ihre Reizbarkeitsverhältnisse von der Regel nicht ab. Die Empfänglichkeit schien jedoch auch in anderen Versuchen im Anfange geschwächt zu sein, wenn man die Erstickung auf mechanischem Wege oder durch das Athmen in nicht erneuerter Luft oder in Stickgas eingeleitet hatte. Schonte man die Blutgefäße bei dem Oeffnen der Leiche, so daß keine Atmosphäre in das Herz drang, so verlor dieses bisweilen nach Nysten seine Reizbarkeit früher als die freien rothen Muskeln. Kohlensäure setzte die Reizbarkeit nach Hallé für den Augenblick, Kohlendunst, Ammoniak und vorzüglich Schwefelwasserstoff dagegen bleibend herab. Das Herz war schon eine Stunde nach der Einwirkung der zuletzt genannten Gasarten unempfänglich geworden. Die Kräfte der Rumpf- und der Gliedmaaßenmuskeln erhielten sich aber noch nach Nysten längere Zeit.

Spritzt man atmosphärische Luft, Wasserstoff, Kohlensäure oder Schwe- 2294
felwasserstoff in die Höhlen des Herzens ein, so bemerkt man nach Nysten eine Zusammenziehung im Augenblicke der Wirkung. Nur der Sauerstoff erhöht nach ihm die Reizempfänglichkeit für die Folgezeit. Der Stickstoff zieht keine auffallenden Veränderungen nach sich. Wasserstoff und Kohlensäure lähmen die Reizbarkeit und Schwefelwasserstoff wirkt noch schädlicher als diese beiden Gase. Vgl. oben §. 2236.

Man kann häufig beobachten, daß die Muskeln schlecht genährter oder 2295
wassersüchtiger Säugethiere ihre Kräfte verhältnißmäßig kurze Zeit nach dem Tode verlieren. Nysten [3]) machte die gleiche Erfahrung am Menschen. Galvanisirte er einzelne bloßgelegte Muskelmassen von Personen, die unmittelbar vorher gestorben waren, so fand er, daß alle Krankheiten, die mit bedeutender Abzehrung und vorzüglich mit wassersüchtigen Ergüssen

---

[1]) P. H. Nysten, Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques. Paris, 1817. 8. p. 321.
[2]) Ebendaselbst. p. 339 — 42. 365. 66.
[3]) Nysten, a. a. O. p. 368 — 83.

verbunden sind, die Dauer der Empfänglichkeit auffallend verkürzen. Sie erhielt sich jedoch immer eine Stunde nach dem Tode und verschwand im Allgemeinen viel früher in den geraden und schiefen Bauchmuskeln, als in dem großen Brustmuskel. Dieser selbst starb aber eher, als die übrigen Muskeln des Rumpfes und der Gliedmaaßen ab. Die Gesichtsmuskeln boten die größten Schwankungen dar. Die kranken Glieder halbseitig gelähmter Menschen ziehen sich oft eben so stark, als die gesunden Theile zusammen.

Die schädlichen Einflüsse der wassersüchtigen Ergüsse beschränken sich nur auf die Stellen, in denen die Ausschwitzung selbst abgelagert ist. Durchtränkt sie das Unterhautzellgewebe allein, so können die tiefer liegenden Muskeln ihre Empfänglichkeit sehr lange nach dem Tode bewahren. Sind nur die Füße wassersüchtig, so geht in ihnen die Reizbarkeit früher als in den Armen verloren.

Nysten prüfte ungefähr 40 Menschen. Es versteht sich von selbst, daß dieselbe Krankheit zu den abweichendsten Ergebnissen in verschiedenen Leichen führen kann. Die örtlichen Störungen sind noch am Ehesten geeignet, bestimmte Gesetze anzudeuten. Suchen wir uns in dieser Hinsicht die einzelnen Beobachtungen von Nysten übersichtlich zusammenzustellen, so erhalten wir:

Krankheit.	Zeitdauer d. Reizbarkeit nach dem Tode.	Nebenzustände und Bemerkungen.
Bauch- und Hautwassersucht	1½ bis 4	Wasserdurchtränkung vieler Muskeln.
Chronische Bauchfellentzündung	2¾	Bedeutende Abmagerung.
Chronische Leberentzündung	2¾	Wassersucht und vollkommene Erschöpfung.
desgleichen	mehr als 6	Entzündliche Nebenerscheinungen.
Lungenschwindsucht	3 bis 6	Gänzliche Erschöpfung.
desgleichen	15	Brustfellentzündung.
Hitzige Brustwassersucht mit krampfhaftem Asthma	10	Der sehr kräftige Mann war unerwartet gestorben.
Herzaneurysma	3 bis 5½	Mäßige Abmagerung nebst wassersüchtiger Durchtränkung der Muskeln. Die nicht veränderten Gesichtsmuskeln einer Leiche blieben 9 Stunden lang reizbar.
desgleichen	10	Bedeutende Abzehrung ohne wassersüchtige Gewebedurchtränkung.
desgleichen	27	Oedem der Füße ohne Durchtränkung der Muskeln.
Schlagfluß	6 bis 6½	
Darmblutung	9	Der sehr kräftige Mann war plötzlich gestorben.
Adynamische und atarische Fieber	10 bis 15	Keine bedeutende Auszehrung.
Peripneumonie	13 bis 15	

Diese wenigen Zahlen können schon deutlich erhärten, wie sehr die kleinsten Nebenverhältnisse die einzelnen Erscheinungen bestimmen müssen.

Todtenstarre. — Ist auch im Anfange die Leiche eines unmittelbar 2296
vorher gestorbenen Menschen oder Thieres weich und biegsam, so wird sie doch einige Zeit später steif. Die Glieder lassen sich nicht ohne Gewalt in andere Stellungen bringen. Jeder Versuch, sie zu verrücken, stößt häufig auf so großen Widerstand, daß die Weichgebilde und vorzüglich die rothen Muskeln eher zerreißen, als daß sie auf dem Wege der Dehnbarkeit nachgeben. Hat die Todtenstarre eine Zeit lang gedauert, so wird Alles wieder schlaff und nachgiebig. Sie kehrt nicht, so viel man weiß, zum zweiten Male wieder. Die Muskeln gehen dann ihrer Fäulnißzersetzung geraden Weges entgegen.

Die Veränderung, welche die Todtenstarre erzeugt, ergreift nicht 2297
plötzlich die ganze Masse eines Muskels. Sie scheint vielmehr allmählig aufzutreten und die verschiedenen Gruppen von Muskelfasern in ungleichen Zeitabschnitten ihrer früheren Eigenschaften zu berauben. Durchschneidet man z. B. die Oberschenkelmuskeln einer kurz vorher getödteten Katze, deren Kniegelenk schon einen bedeutenden Widerstand der Streckung entgegensetzt, so bildet sich im Anfange eine beträchtliche Lücke an der Trennungsstelle. Die Muskelfasern ziehen sich sichtlich zurück und bilden ihre Zickzackbiegungen (§. 2076.). Wiederholt man den gleichen Versuch 12 Stunden später, so vermißt man oft diese Erscheinungen. Der frühere Elasticitätsgrad der Fasern hat sich indeß wesentlich verändert.

Wir werden später sehen, daß auch andere Gewebe, als die der 2298
rothen Muskeln in jene Steifheit verfallen. Die Haupterscheinungen aber, die wir unmittelbar an dem unversehrten Leichname wahrnehmen, hängen von den quergestreiften, freien Muskelgebilden des Kopfes, des Halses, des Rumpfes und der Glieder ab. Manche Theile pflegen dabei in gewissen eigenthümlichen Stellungen festgehalten zu werden. War auch der Unterkiefer während des Todeskampfes oder nach dem letzten Athemzuge herabgesunken, so ist er doch später wieder gegen den Oberkiefer hinaufgezogen[1]). Der Vorderarm biegt sich in mäßigem Grade nach dem Oberarm hin und nicht selten der Unter- gegen den Oberschenkel. Die eingeschlagenen Finger bedecken den gegen den Wurzeltheil des kleinen Fingers hinübergeführten Daumen. Erreicht die Todtenstarre ihre größte Höhe, so fühlen sich alle Muskeln hart an. Jene Lagenveränderungen können daher nur dadurch bedingt sein, daß die Steifheit in einzelnen Muskelgruppen das Uebergewicht hat, oder daß die eine Abtheilung, was wahrscheinlicher ist, der größeren Masse und der günstigeren mechanischen Verhältnisse wegen den Sieg davonträgt.

Die ungewöhnliche Stellung der Glieder hängt vor Allem von den 2299
erstarrten Muskeln und nicht wesentlich von den übrigen Weichgebilden ab. Entfernte Nysten[2]) einen Theil der Arm- oder Schenkelhaut einer

---

[1]) Vergl. F. A. Gierlichs, De rigore mortis. Bonnae, 1843. 8. p. 15. u. J. H. A. Pawlowski, De rigore hominis cadaveroso. Berolini, 1845. 8. p. 17.
[2]) Nysten, a. a. O. p. 398. 99.

Leiche, deren Todtenstarre eine bedeutende Höhe erreicht hatte, so änderte sich die Lage der gelenkig verbundenen Gebilde nicht. Durchschnitt er auch die Seitenbänder des Ellenbogen- oder Kniegelenkes, öffnete die Gelenkkapsel und spritzte Wasser ein, so blieben die Theile in ihrer früheren eigenthümlichen Stellung. Die Quertheilung der erstarrten Muskeln dagegen hob sie augenblicklich auf. Man kann auch in Thieren oft wahrnehmen, daß erst dieser Eingriff den Hauptwiderstand, auf den sonst die Streckung stößt, vernichtet.

2300 Die Todtenstarre beginnt an dem Halse und dem Unterkiefer. Sommer[1]) fand nur eine einzige Ausnahme hiervon in 200 Leichen. Sie geht von da in der Regel nach abwärts weiter und ergreift oft nach Nysten die Muskeln des Rumpfes und der oberen Extremitäten früher, als die der unteren Gliedmaaßen. Diese können jedoch auch vor jenen steif werden. Die Starre hört zuletzt ungefähr in der gleichen Ordnung, in der sie eintrat, auf.

2301 Die Zeit, in der sie erscheint, wechselt in hohem Grade. Sommer bemerkte sie in einzelnen Leichen 10 Minuten, in anderen dagegen 7 Stunden und Nysten selbst erst 18 Stunden nach dem Tode. Ihre Dauer steht im Allgemeinen in umgekehrtem Verhältnisse zu ihrer Eintrittszeit. Der Muskel pflegt um so länger steif zu bleiben, je später er erstarrte. Bruecke[2]) fand jedoch auch, daß die Todtenstarre von Thieren, die mit Strychnin vergiftet worden waren, früh begann und spät aufhörte.

2302 Die Leichen von Neugeborenen werden den allgemeinen Angaben nach eher steif, bleiben aber dafür kürzere Zeit in diesem Zustande, als die von Erwachsenen. Mende behauptet, daß Kinder, die noch nicht geathmet haben, die Erscheinungen im geringeren Grade, und siebenmonatliche Früchte sie gar nicht darbieten.

2303 Kraftvolle Muskeln werden sehr steif und hart und verharren lange in diesem Zustande. Die Dauer sowohl, als die Stärke fällt dagegen in schlaffen Muskelmassen geringer aus. Die Todtenstarre sehr kräftiger Männer begann in Nysten's[4]) Beobachtungen 16 bis 18 Stunden nach dem letzten Athemzuge und erreichte eine solche Höhe, daß der Druck eines kräftigen Mannes ihre Wirkungen nicht überwand. Sie erhielt sich auf dieser Höhe 48 Stunden, nahm dann allmählig ab und schwand erst gänzlich 6 bis 7 Tage nach dem Tode. Sie erreichte aber nicht die gleiche Stärke in Personen, die an Verblutungen gestorben waren. Eine kürzere Dauer begleitete diese ihre unvollkommene Ausbildung.

2304 Haben sich auch die Muskeln in den letzten Lebensstunden kräftig zusammengezogen, so bleibt dessenungeachtet die Todtenstarre nicht aus.

---

[1]) A. G. Sommer, Dissertatio de signis mortem hominis absolutam indicantibus. P. II. Hauniae, 1833. 8. J. Müller's Handbuch der Physiologie. Bd. II. Coblenz, 1837. 8. S. 43.

[2]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1842. S. 187. 188.

[3]) C. F. Burdach, die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. III. Zweite Aufl. Leipzig, 1838. 8. S. 684.

[4]) Nysten, a. a. O. p. 387.

Nysten und Laennec fanden, daß sie sich in einem Manne, der an Wundstarrkrampf zu Grunde ging, in hohem Grade bemerklich machte und mehrere Tage hindurch anhielt. Der Krampf der Kiefermuskeln setzte sich in einem anderen, von Sommer beobachteten Falle in die Leichensteife unmittelbar fort. Es fehlte hier jene Mittelzeit der Muskelerschlaffung, die man sonst wahrnimmt (§. 2306.).

Gesunde Menschen, die plötzlich gestorben sind, verfallen immer in 2305
eine sehr ausgesprochene Todtenstarre. Die Steifheit erreicht daher einen hohen Grad in den meisten Enthaupteten und Erhenkten. Thiere, die man durch Verblutungen oder durch die Wirkung nicht athembarer und nicht unmittelbar ätzender Gase getödtet hat, bieten das Gleiche dar. Ein Hund, den ein starker elektrischer Schlag ums Leben gebracht hatte, erstarrte nach Sommer, wie gewöhnlich (Bd. I. §. 362.).

Hat man Jagdthiere zu Tode gehetzt, so verfallen sie zwar bald in 2306
Todtenstarre. Diese erhält sich aber den Angaben nach nicht lange und erreicht auch keine bedeutende Höhe. Krankheiten, die mit völliger Abgelebtheit schließen, Entmischungsleiden und Wassersuchten führen zu ähnlichen Erscheinungen. Die Muskeln werden meist schon wenige Stunden nach dem Tode steif und erschlaffen nach einer kürzeren Zwischenzeit für immer.

Die wassersüchtigen Ergüsse wirken hier eben so örtlich, wie in den Reizbarkeitserscheinungen (§. 2305.). Beschränken sie sich auf das Unterhautzellgewebe, so können die Muskeln 36 bis 38 Stunden lang hart und steif bleiben. Sind aber auch die Muskelmassen durchtränkt, so sinkt ihre Todtenstarre dem Grade, wie der Zeit nach.

Die Einflüsse der äußeren Nebenverhältnisse sind bis jetzt noch nicht 2307
vollständig erforscht worden. Man bemerkt schon häufig die Todtenstarre, ehe sich noch die Wärme der Leiche mit der der Umgebung vollständig ausgeglichen hat. Sie tritt ebenfalls ein, wenn man den Körper in kaltes oder in warmes Wasser versenkt.

Sommer glaubte bemerkt zu haben, daß die Muskeln in Wasser 2308
von 0^0 bis 15^0 steifer werden, als in gleich warmer Luft. Hatte Bruch[1]) ein Kaninchen mit Blausäure getödtet und Wasser von 22^0 in das rechte und solches von 5^0 in das linke Hinterbein gespritzt, so wurden die meisten Muskeln von diesem früher steif als die des wärmeren Beines. Führte er eine verdünnte Kalilösung in die Aorta eines zweiten Thieres in der Richtung nach hinten ein, so erstarrten die Hinterbeine eher, als die Vordertheile des Körpers. Stoffe, die, wie Kali, Strychnin oder Blausäure die Reizbarkeit schnell vernichten, befördern auch die Todtenstarre[2]).

Der Lufteintritt in die Venen, der Tod unter Wasser und die Ver- 2309
giftung, die betäubende Verbindungen nach sich ziehen, heben die Todtenstarre nach Nysten und Sommer nicht auf. Nysten glaubt bemerkt zu haben, daß sie sich nach der Erstickung in Chlor, in salpetriger Säure oder Ammoniak früher einfindet und kürzere Zeit dauert (§. 2311.). Ist

[1]) C. Guil. C. Bruch, Nonnulla de rigore mortis. Moguntiae, 1845. 4. p. 16. 17.
[2]) F. A. Gierlichs, De rigore mortis. Bonnae, 1843. 8. p. 28.

ein Geschöpf in Kohlendampf umgekommen, so hat es nach Sommer das Ansehen, als wenn die Steifheit später eintrete, weil eine Art von Scheintod dem wahren Tode vorangeht.

2310 Entfernt man das Gehirn und das Rückenmark, so bleibt dessenungeachtet die Todtenstarre nicht aus. Man findet sie auch in den Leichen von Menschen, die an nervösen Fiebern oder an Hirn- und Rückenmarksleiden zu Grunde gegangen sind. Gelähmte Muskeln, die noch keine bedeutenden inneren Gewebeveränderungen erlitten haben, können im hohen Grade steif werden.

2311 Ist ein Muskel in diesen Zustand verfallen, so hat sich auch seine absolute Festigkeit nach Busch[1]) vergrößert. Riß er unmittelbar nach dem Tode unter 60 Grm. Belastung, so hatte der gleichnamige Muskel der anderen Seite 24 Stunden später das Zwölffache nöthig, um in seinem Zusammenhange gestört zu werden.

2312 Der steife Muskel antwortet nicht mehr im Ganzen auf mechanische, chemische oder galvanische Reize. Untersucht man die Fasern unter dem Mikroskope, so findet man ihre Querstreifen scharf ausgesprochen. Man stößt auf einzelne Furchen oder Einschnitte, die jedoch auch in anderen Präparaten gänzlich fehlen. Stellte ich die Beobachtungen am Frosche an, so stieß ich auch noch auf die §. 2099. Fig. 32. abgebildeten Umstülpungsränder der Muskelfasern. Die Fäden von manchen waren zickzackförmig gebogen. Alles deutet aber darauf hin, daß die wesentlichsten Veränderungen, welche die Todtenstarre erzeugt, die Molecularverhältnisse der Masse betreffen und dem sinnlichen Auge entgehen.

2313 Läßt sich auch nicht der innere Grund der Todtenstarre mit Bestimmtheit angeben, so reichen doch wenigstens die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen hin, manche der aufgestellten Erklärungen zurückzuweisen. Viele ältere Forscher suchten die Ursache der Erscheinung in der Gerinnung des Blutes. Einzelne neuere Beobachter leiteten sie wenigstens theilweise aus dieser Veränderung her. Muß aber diese jene Ansicht unbeantwortet lassen, weshalb andere eben so blutgefäßreiche Gewebe nicht in gleichem Grade, wie die rothen Muskeln, steif werden, so spricht auch die unmittelbare Beobachtung gegen jene Auffassungsweise. Wir begegnen häufig genug der Todtenstarre, wenn das Blut noch nicht geronnen oder wenigstens seinem größten Theile nach flüssig oder halbflüssig geblieben ist.

2314 Nysten wollte die Steifheit als den letzten Ueberrest der Reizbarkeit betrachten. Versteht man hierunter die Verkürzungserscheinungen, wie sie im Leben auftreten, so widerstreitet diese Vorstellung dem Thatbestande. Der erstarrte Muskel erwiedert äußere Reize nicht mehr (§. 2322.). Wir haben überdieß häufig eine Zwischenzeit, in der die Empfänglichkeit erloschen, die Todtenstarre dagegen noch nicht eingetreten ist.

2315 Bruecke[2]) suchte die Ursache der Erscheinung in der Gerinnung

---

[1]) Busch, bei Burdach a. a. O. S. 683.
[2]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1843. S. 178 — 188.

des Faserstoffes, der in der Ernährungsflüssigkeit und den Geweben selbst enthalten ist. Wir wissen, daß der Blutkuchen in der Folge weicher und nachgiebiger wird. Brucke stellte sich nun vor, daß der Faserstoff der Ernährungsflüssigkeit und der Muskelfasern einige Zeit nach dem Tode erstarrt und die entsprechenden Theile steif macht. Verflüssigt er sich später wieder, so hört auch hiermit die Steifheit auf.

Die chemischen Kenntnisse sind bis jetzt noch nicht so weit vorgeschritten, daß wir überhaupt über die Natur der Körper, die man als Faserstoff der Gewebe bezeichnet, zu urtheilen im Stande wären (Bd. I. §. 1757.). Erstarren die übrigen Fasergewebe in geringerem Grade, als die Muskelfasern, so kann dieses möglicher Weise von der Eigenthümlichkeit der ihnen zum Grunde liegenden Verbindungen abhängen. Jene Vorstellung muß daher indeß so lange hingestellt bleiben, als uns nicht die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Gewebtheile näher bekannt ist. Es läßt sich für jetzt nur behaupten, daß die Ernährungsflüssigkeit allein die Todtenstarre nicht erzeugt.

Es ergiebt sich von selbst, daß gewisse noch nicht genauer zu bestim- 2316
mende Ursachen die Atome der Muskelmasse selbst eine Zeit lang nach dem Tode inniger verbinden müssen. Die Größe und die Dauer der Annäherung hängt von dem Baue und der inneren physikalischen Zusammensetzung der Fasern ab. Diese bleibende Erscheinung löst das Wechselspiel der Wirkungen der Reizempfänglichkeit ab. Sie folgt ihm früher oder später nach und hemmt seine Thätigkeit oder kann erst nach dem Aufhören derselben ihre größte Höhe erreichen. Die wiederum unaufhörlich fortgehenden Verhältnisse der Fäulniß zerstören sie selbst zuletzt für immer.

b. Einfache oder glatte Muskelfasern.

Wellen der rothen und der blassen Muskeln. — Die fort- 2317
schreitenden Wurmbewegungen, die an den dünnen Gedärmen frisch getödteter Säugethiere vorkommen (Bd. I. §. 535.), unterscheiden sich von den Verkürzungserscheinungen der meisten rothen Muskeln in so hohem Grade, daß man nicht selten die Peristaltik als eine Eigenthümlichkeit der einfachen Muskelfasern anzusehen geneigt war. Verfolgt man aber die Verhältnisse allgemeiner, so findet man, daß die Form der Theile, die mit glatten Muskelfasern versehen sind, das Gesammtbild des die Zusammenziehung begleitenden Formenwechsels wesentlich bestimmt und daß auch wahre Wurmbewegungen an Organen, die quergestreifte Fasern führen, auftreten können.

Lange und schmale Cylinderröhren, wie der Dünndarm, der Harn- 2318
leiter, der Samengang, der Eileiter, ziehen sich am Deutlichsten wurmförmig zusammen. Die sogenannten Kreisfasern können den Innenraum verengern und die Längenfasern das Ganze verkürzen. Arbeiten die letzteren Gebilde in stärkerem Maaße oder sind sie verhältnißmäßig kräf-

tiger entwickelt, so bemerkt man leicht Stoßbewegungen. Der Mastdarm läßt diese am Deutlichsten erkennen (Bd. I. §. 553.).

2319 Hat der Behälter keine einfache Cylinderform und sind seine Faserbündel an den verschiedenen Stellen ungleich vertheilt, so treten noch andere verwickeltere Bewegungsarten neben oder statt der wurmförmigen auf. Der Grimmdarm und vorzüglich der Magen und die Harnblase liefern hierfür die besten Belege. Untersuchen wir frisch getödtete Thiere, so finden wir oft, daß sich das Ganze gleichförmig verengt, nur einseitig verkürzt oder an bestimmten Stellen einschnürt, ohne daß sich die Veränderung auf Nachbarstellen überträgt.

2320 Der Mensch besitzt keinen freien, aus einfachen Fasern bestehenden Muskel, der groß genug wäre, um Reizbarkeitsversuchen unterworfen zu werden. Das Pferd hat ein solches Gebilde in seinem Zurückzieher des männlichen Gliedes, der aus dem Becken hervorkommt und an der Unterfläche des Penis verläuft. Seine Faserbündel streichen vorzugsweise der Länge nach. Ihre Anordnung erinnert in dieser Beziehung wenigstens theilweise an die der freien rothen Muskeln. Gerber konnte an ihm bis jetzt keine wurmförmigen Bewegungen wahrnehmen.

2321 Die Speiseröhre lehrt umgekehrt, daß diese Art der Verkürzung auch in quergestreiften Fasern, die um ein Cylinderrohr herumlaufen, vorzukommen vermag. Will man sich aber hierüber durch Versuche belehren, so darf man vor Allem den mikroskopischen Bau nicht außer Acht lassen.

Die quergestreiften Fasern setzen sich in der Speiseröhre des Rindes, des Schaafes, des Hundes, der Katze und des Kaninchens bis an und selbst bis über den Magenmund fort. Einfache Muskelfasern lassen sich dicht unter der Schleimhaut[1]) und tiefer unten selbst in dickeren Massen, z. B. in der Katze[2]), nachweisen. Sie finden sich dagegen ausschließlich in der eigenthümlichen Muskelhaut der Speiseröhre des Huhnes, der Taube und anderer Vögel.

Der Mensch steht in dieser Hinsicht in der Mitte. Die untere Hälfte seiner Speiseröhre pflegt einfache, der größte Theil der oberen dagegen quergestreifte Fasern zu führen. Vergleicht man mehrere Leichen, so findet man, daß die Grenze, an der die gestreiften Fasern aufhören, zu wechseln vermag.

Das Pferd bietet eine noch größere Unbeständigkeit dar. Die rothen Muskelmassen reichen hier in manchen Thieren bis tief in die Brusthöhle hinab. Sie hören dafür in anderen hoch oben auf. Die Wände der Speiseröhre verdicken sich meist an den Stellen, an denen die einfachen Fasern ausschließlich vorzukommen anfangen. Untersucht man ältere Leichen des Menschen oder des Pferdes, so bemerkt man hoch oben Fasern, die sich schon ihrer Breite wegen als quergestreifte zu erkennen geben, denen aber die Querstreifen selbst mangeln. Diese finden sich dagegen noch in den Schlundhebern und in anderen rothen Muskeln.

[1]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. Seite 773.

[2]) Ed. Weber, Ebendaselbst. Bd. III. S. 30.

Legt man den Halstheil der Speiseröhre eines lebenden Hundes oder 2322
Kaninchens bloß und läßt einen Bissen herunterschlucken, so sieht man, daß der mit quergestreiften Fasern versehene Oesophagus rasche, von oben nach unten gehende Wellenbewegungen macht. Die Zusammenziehung eilt zwar im Augenblicke dahin. Sie pflanzt sich aber dessenungeachtet in noch merkbaren Zeiträumen fort. Man kann auch deutlich verfolgen, daß sie in geordneter ununterbrochener Reihenfolge vorwärts geht. Ist auch der Bissen verschwunden, so wiederholt sich nicht selten die Wellenbewegung von Neuem. Sie tritt auch bisweilen ohne äußere, wahrnehmbare Veranlassung, oder wenn nur Luft geschluckt wird, hervor.

Mikroskopische Beobachtungen haben bis jetzt nicht entschieden, wie 2323
weit sich eine sogenannte Querfaser der Speiseröhre jener Thiere erstreckt. Man weiß nur, daß sie mehr als einmal um den Querdurchmesser des Rohres herumgeht. Es bleibt dagegen noch dahingestellt, ob sie längs der ganzen Speiseröhre schraubenförmig herabläuft oder nicht. Wäre jenes der Fall, so müßte sie eine beträchtliche Länge der geringen Höhe der Windungen wegen besitzen. Kommen auffallendere Längenfaserzüge an der Speiseröhre eines Säugethieres vor, so verlaufen sie meist, wie es scheint, in größeren Strecken gerader dahin.

Die Wurmbewegung kann daher hier, wie im Darme, nur dadurch 2324
zu Stande kommen, daß sich nicht alle Theile einer einzigen Faser oder der entsprechend auf einanderfolgenden Faserzüge gleichzeitig verkürzen. Die Veränderung muß in merklichen Zeiträumen von Stelle zu Stelle fortschreiten.

Wir haben früher (§. 2251.) gesehen, daß kleinere Längenabstände 2325
einer und derselben Muskelfaser an mehreren Stellen ihres Verlaufes von Nervennetzen umsponnen werden. Eine Reihe von Nervengebilden beherrscht daher eine Muskelfaser. Versorgt ein einziger Nerve den ganzen Muskel, so muß ein Reiz, der alle seine Elemente trifft, die gesammten Muskelfasern ihrem ganzen Verlaufe nach in Thätigkeit setzen. Es bedarf keines besonderen Mittelpunktes, um alle Theile zu verbinden. Der Hüftnerve erfüllt diese Bedingung für die Wadenmuskeln.

Empfängt dagegen ein Muskel z. B. der Bauchdecken mehrere Rückenmarksnerven, die in ihn an verschiedenen Stellen eindringen, so ist es denkbar, daß die mannigfachen Längenabstände einer Muskelfaser von ungleichen Nervenquellen abhängen. Soll sich dessenungeachtet die ganze Faser oder der ganze Muskel verkürzen, so können möglicher Weise dreierlei Verhältnisse die Vermittelung übernehmen. Wir sprechen den Mittelpunkt der verschiedenen Nerven, mithin in dem gewählten Beispiele das Rückenmark an. Es werden dann alle Nerven gleichzeitig angeregt. Oder die Zusammenziehung pflanzt sich in der Muskelfaser selbst von einem verkürzten Punkte auf die übrigen fort. Die Nervenschlingen endlich, die in der Muskelmasse selbst liegen, können ihre Erregungen gegenseitig mittheilen.

Halten wir uns an die freien rothen Muskeln, so spricht der gegen- 2326
wärtige Stand unserer Kenntnisse eher gegen als für die beiden zuletzt erwähnten Ansichten. Die örtlichen Zuckungen, welche der mechanische Reiz

der einzelnen Nervenstämme erregt, verbreitet sich nicht allgemeiner. Wäre es der Fall, so brauchte nicht eine Muskelfaser, die von einem Nervenstrome versorgt wird, von einer Reihe von Endgeflechten ihrer Länge nach umsponnen zu werden, es sei denn, daß die verschiedenen Primitivfasern zu nervösen Centraltheilen verschiedener Bedeutung verliefen. Die Hilfe besonderer Mittelpunkte der Nervenwirkung hat daher hier das Meiste für sich.

2327 Da uns diese Möglichkeiten in der Folge mehrfach beschäftigen werden, so wollen wir der Kürze wegen die Anregung, die aus der sammelnden und mittheilenden Thätigkeit eines nervösen Centralorgans hervorgeht, die allgemeine, diejenige aber, welche nur in dem peripherischen Organe selbst, sei es in dessen Muskelfasern oder in dessen Nerven, fußt, die örtliche nennen.

2328 Kehren wir zur Speiseröhre zurück, so werden ihre Wurmbewegungen nach den von Wild und Ludwig[1]) an Hunden und Kaninchen angestellten Beobachtungen unterbrochen, wenn man es hindert, daß sich die Wellen von Stelle zu Stelle fortpflanzen. Legt man den Oesophagus eines Hundes, den man durch Opium betäubt hat, bloß und durchschneidet jenen der Quere nach, während die Nerven möglichst geschont bleiben, so hört die Peristaltik an der Unterbrechungsstelle auf. Umschnürt man die Speiseröhre mit einem Faden, oder drückt man sie unterhalb des Bissens stark genug zusammen, so wiederholt sich nach jenen Forschern die gleiche Erscheinung. Wir werden jedoch in der Folge sehen, daß sich diese Angabe nur bewährt, wenn die gehemmte Stelle eine gewisse Breite überschreitet. Der Theil der Speiseröhre, der unter ihr liegt, behält seine Empfänglichkeit bei.

2329 Es ist nicht nöthig, daß man die Muskelmasse selbst angreift. Lähmt man die Bewegungsnerven derselben, so gelangt man ebenfalls zum Ziele. Wird je einer der stärkeren Stämme, die aus der Vereinigung des oberen und des unteren Kehlkopfastes entspringen, im Hunde durchschnitten, ohne daß man die Muskelfasern selbst verletzt, so wird nur eine entsprechende beschränkte Stelle der Speiseröhre gelähmt. Die künstlich eingeleitete, von oben herabkommende Wellenbewegung hört an ihr auf. Führt man aber eine Kugel in den hinter ihr liegenden Theil ein, so wird sie weiter geführt, ohne daß zugleich das oberhalb der Lähmungsstelle gelegene Stück in Thätigkeit geräth[2]).

2330 Hat man die Speiseröhre umschnürt und so den Fortschritt der künstlich eingeleiteten Wellen gehemmt, so wird hierdurch nicht nothwendig ein bleibendes Hinderniß geschaffen. Leitet man die Schluckbewegungen ein und lüftet indeß die Einschnürung, so trägt sich wiederum die Peristaltik auf die unteren Theile des Oesophagus über[3]). Eine örtliche Ein-

---

[1]) Wild, in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. V. Heidelberg, 1846. S. 92. 93.
[2]) Wild, Ebendaselbst. Seite 118. 119.
[3]) Wild, Ebendaselbst. Seite 113.

schnürung, die man durch den Strom einer Rotationsmaschine angeregt hat, hemmt sie ebenfalls nicht.

Hat man die Speiseröhre eines lebenden Kalbes, Hundes oder Ka- 2331
ninchens bloßgelegt, so bemerkt man, daß kräftige Schluckbewegungen ohne besondere äußere Veranlassung von Zeit zu Zeit eintreten. Sie finden sich auch in Hunden, die man durch Einspritzungen von Opiumlösungen ins Blut betäubt hat, und kommen selbst noch zu Stande, wenn unmittelbare Schleimhautreize nicht mehr wirken [1]). Sie können daher nicht Willkührbewegungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes sein, sie haben nicht das volle Bewußtsein zu ihrer Vollführung nöthig.

Die Speiseröhre frisch getödteter Thiere bietet in der Regel andere 2332
Erscheinungen dar. Sie verfällt bisweilen von selbst in ein leises Wellenspiel, wie es auch die übrigen entblößten rothen Muskeln häufig darbieten. Einzelne Faserbündel zittern, ohne daß eine regelmäßige Reihenfolge zu Stande kommt. Die Zuckungen beschränken sich auch meist auf bestimmte Bezirke und wiederholen sich häufig an derselben Stelle eine lange Zeit hindurch. Vollständige herablaufende Wellen oder kräftige Schluckbewegungen fehlen dann gänzlich. Läßt man den Magnetelektromotor auf die Speiseröhre selbst oder auf deren Nerven wirken, so verkürzt sie sich rasch im Ganzen oder schnürt sich nur örtlich ein. Es gelingt in seltenen Fällen, vollkommenere Wellen in eben getödteten und sonst unversehrten Hunden durch Reizung des Vagus-Sympathicusstammes anzuregen.

Wir werden in der Nervenlehre finden, daß Thiere, denen man das 2333
große Gehirn genommen hatte, Speisen, die ihnen in den Rachen geschoben werden, weiter befördern. Aeußere passende Reize können daher hier noch Schluckbewegungen bedingen. Legt man die Speiseröhre solcher verstümmelter Geschöpfe bloß, so bemerkt man noch nach Volkmann [2]), daß von Zeit zu Zeit Wellen ohne äußere Veranlassung dahinlaufen. Dieses erhärtet von Neuem, daß die Ursache, welche sie anregt, nicht von dem großen Gehirn, dem Sitze des klaren Bewußtseins, ausgehen kann.

Wir werden §. 2339. sehen, daß das Ausschälen der Speiseröhre, wel- 2334
ches ein entsprechendes Stück der Muskulatur derselben unmittelbar nicht berührt, das Fortschreiten der Wellen hemmt. Hieraus folgt von selbst, daß sich die Verkürzung, die in dem oberen Theile der Muskelmasse angeregt worden ist, nicht durch die Muskelfasern allein von Stelle zu Stelle überträgt. Die Nervendurchschneidung veranlaßte dieselben Hindernisse. Es können daher nicht die Endgeflechte der Nervenfasern, die sich in der entsprechenden Muskelmasse verbreiten, die fernere Mittheilung möglich machen. Es fallen daher zwei der §. 2335. angeführten Möglichkeiten von selbst hinweg. Man kann nur den Grund der Wellenbewegung in einem nervösen, leitenden und ordnenden Centralwerkzeuge finden.

Wir werden in der Nervenlehre wenigstens die Grenzen, innerhalb 2335
deren dieser Mittelpunkt der Wirkung liegen muß, näher zu bestimmen su-

---

[1]) Wild, a. a. O. Seite 100.
[2]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1841. S. 350.

chen. Setzen wir hier vorläufig dessen Nothwendigkeit überhaupt voraus, so muß er die Anregung von Stelle zu Stelle und in merklichen Zeiträumen übertragen, damit die Wellen in sichtlicher Weise dahineilen können. Die früher erwähnten Beobachtungen lehren aber, daß sein Einfluß an die Vollständigkeit der peripherischen Theile gebunden ist. Ist die Speiseröhre quer durchschnitten, hindert ein Druck eine hinreichend breite Stelle, ihren Zustand zu ändern, oder fehlt die regelrechte Nervenverbindung mit den Centraltheilen, so stehen auch hier die Wellen still. Die tiefer gelegenen Punkte können sich aber immer noch durch Reize, die sie selbst treffen, wurmförmig bewegen. Die regelmäßige Uebertragung, welche der nervöse Mittelpunkt einleitet, ist daher an gewisse Bedingungen gebunden. Sie muß von Stelle zu Stelle fortschreiten können. Ein Punkt muß dem anderen folgen. Es ist dagegen unmöglich, daß eine größere Lücke übersprungen werde.

2336 Reizt man die obersten Theile der Schlingwerkzeuge, die Umgegend der Choanen, des Kehldeckels oder den Anfang des Schlundes, so eilen oft sogleich die Wellen längs des Schlundes und der Speiseröhre dahin. Wir haben hier die Bezirke, die jene allgemeinen Wirkungen am Leichtesten und Sichersten anregen. Volkmann[1]) nahm an, daß nur der obere Theil der Schlingorgane angesprochen zu werden braucht, damit sich die Wellen längs der ganzen Speiseröhre ohne weitere Vermittelung fortpflanzen. Durchschnitt er die beiden herumschweifenden Nerven eines lebenden Kalbes 5 bis 6 Centimeter unter dem Kehlkopfe, so verbreiteten sich dessenungeachtet die von selbst entstehenden Schluckbewegungen von dem Schlunde aus auf die Speiseröhre. Wiederholte er denselben Versuch in einem frisch getödteten Kalbe und galvanisirte die losgelösten Wurzeln des herumschweifenden Nerven, so zog sich der untere Theil der Speiseröhre nicht zusammen[2]).

Ein Nervenverlauf, den Ludwig[3]) an dem Hunde bemerkte, kann möglicher Weise das erstere Ergebniß, das sonst mit den übrigen Erfahrungen im Widerspruch stände, begründen. Der Halstheil der Speiseröhre wird hier nicht mehr von dem freien Stamme des herumschweifenden Nerven versorgt. Sollte sich dieses bei dem Kalbe wiederholen, so würde sich der Fortschritt der Wellen, den Volkmann an dem lebenden Kalbe beobachtet hat, erklären. Die Reizung der Vaguswurzeln hätte aber dann auch an dem todten Thiere wirken müssen. Es bleiben daher in jedem Falle Bedenken zurück.

2337 Legte ich die Speiseröhre an dem Halse eines sehr kräftigen weiblichen Kaninchens so weit als möglich bloß, so zeigten sich bald die lebhaftesten Schluckbewegungen, ohne daß sie eine äußere nachweisbare Veranlassung anregte. Hinter die Zungenwurzel geschobene Brodkugeln eilten in wenigen Augenblicken dahin und verschwanden in dem Brusttheile des Oesopha-

---

[1]) Volkmann, a. a. O. Seite 356.
[2]) Volkmann, a. a. O. Seite 357.
[3]) Wild, a. a. O. Seite 83.

gus. Die Umschnürung hob nicht immer den Fortschritt der Wellen auf. Hatte ich einen Seidenfaden ungefähr einen Centimeter unter dem Unterrande des Kehlkopfes so fest, als es irgend anging, zugezogen, so gingen fast immer die von selbst entstehenden Wellen über die tiefe Einschnürung der Unterbindungsstelle hinaus und eilten in den Brusttheil der Speiseröhre weiter. Wurde der Schlund von außen gekneipt, so blieb die Bewegung in manchen Fällen am Faden stehen, überschritt sie aber auch in anderen. Schnürte ich einen eben so dünnen Faden einen Centimeter tiefer zu, so setzten sich dessenungeachtet die von selbst auftretenden Wellen ungehindert fort. Wurden sie aber durch Kneipen des Schlundes künstlich erzeugt, oder entstanden sie, indem das Thier Luft schluckte, so pflanzten sich immer die Wellen bis zu der ersten Unterbindung fort und blieben hier stehen oder eilten bis zur zweiten Umschnürung weiter, um hier aufzuhören. Der unterste Theil der bis zur Brusthöhle bloßgelegten Speiseröhre verhielt sich ganz ruhig oder verzog sich höchstens nur in der Richtung nach oben. Ich konnte dagegen nie selbstständige und fortlaufende Wellen an diesem Stücke wahrnehmen. Das zitternde Spiel der Muskelbündel, das wir auch an anderen Muskeln bemerken (§. 2342.), stellte sich oft während der Ruhezeit in den verschiedensten Punkten der Speiseröhre ein.

Wir sehen hieraus, daß selbst eine möglichst starke Umschnürung die 2338
Fortpflanzung der Wellen nur unter gewissen Bedingungen hemmt. Ist der Faden dünn, so kann die künstlich erregte Peristaltik stehen bleiben, während die kräftigere, die aus inneren Ursachen entsteht, ungehindert fortschreitet.

Ich hatte, als ich die Unterbindungen löste, die vordere Wand der 2339
Speiseröhre an der Stelle, wo der obere Faden angebracht war, der Quere nach eingeschnitten. Die von selbst erzeugten Wellen schritten dessenungeachtet in die Brusthöhle hinein fort. Da ich die unteren Kehlkopfzweige der bald zu erwähnenden Eingriffe wegen zu lähmen befürchtete, so legte ich eine künstliche Luftröhrenfistel (Bd. I. §. 1220.) an und trennte hierauf die Speiseröhre mit dem stumpfen Messerstiele von der Brusthöhle bis zu dem Kehlkopfe allseitig los. Der Schlauch wurde auf diese Weise vollkommen frei gemacht. Alle Nerven desselben, die nicht etwa oberhalb des Kehlkopfes eindrangen, waren daher von ihren Centraltheilen abgeschnitten.

Die Schluckbewegungen, welche das Thier von selbst einleitete, gingen jetzt nicht über den Bezirk des Schlundkopfes hinaus. Schob ich eine Brodkugel durch die oben erwähnte Oeffnung so tief als möglich in die Uebergangsstelle des Hals- und des Brusttheiles der Speiseröhre und ließ den Schlundkopf spielen, so blieb der Bissen an seinem Orte liegen. Er fand sich sogar noch hier, nachdem man das Thier auf dem Wege der Verblutung getödtet und vor seinem Ende zahlreiche Schlundbewegungen eingeleitet hatte. Diese preßten nur oft zur Wunde Schleim und Luft in den letzten Lebensaugenblicken hervor.

Die bloße Thätigkeit des Schlundkopfes reicht daher nicht hin, Wel- 2340

len der Speiseröhre anzuregen. Der vollkommen losgetrennte Halstheil oder das noch vollständige Bruststück derselben setzt nicht die von oben angeregte Arbeit fort, sobald der Nervenzusammenhang längs einer größeren Strecke unterbrochen ist. Die örtliche Reihenfolge bildet eine wesentliche Bedingung des Ganzen. Hebt aber eine Unterbindung den Zusammenhang nur an einer beschränkten Stelle auf, so hemmt sie auch nicht unbedingt. Kräftigere Wellen überschreiten das Hinderniß, während schwächere stehen bleiben können. Es ergiebt sich hieraus, daß die §. 2346. angeführte Annahme dem Thatbestande widerstreitet.

2341 Vergleichen wir die eben erläuterten Verhältnisse der Speiseröhre mit der Wurmbewegung von Cylindern, deren Muskelwände aus einfachen Fasern bestehen, so fällt sogleich der Unterschied der Wellengeschwindigkeit in die Augen. Schluckt ein Kaninchen von selbst, so rollen die Erhebungen und Senkungen in wenigen Augenblicken längs des Halstheiles seiner Speiseröhre dahin. Tödten wir das Thier und öffnen dann dessen Unterleib, so erreicht selbst die lebhafteste Wurmbewegung nicht den Grad von Schnelligkeit, den wir an der Speiseröhre wahrgenommen haben. Wir können sie noch Schritt für Schritt mit dem Auge verfolgen, während der Blick nicht im Stande ist, den Wellen des Oesophagus mit Muße nachzugehen.

2342 Untersucht man die beiden genannten Gebilde im Leben, so gesellt sich noch ein anderer Unterschied hinzu. Die Wellen der Speiseröhre erscheinen häufig ohne besondere äußere Veranlassung. Sie können überdieß nach Belieben durch Reizung des Schlundes, durch die Einführung eines Bissens erzeugt werden. Der Darm, der in dem lebenden Thiere bloßgelegt worden ist, ruht meist gänzlich. Geschieht dieses nicht, so pflegen seine Bewegungen träger, als nach dem Tode auszufallen. Die meisten Reize regen selbst seine Thätigkeit in geringerem Maaße an.

2343 Tödten wir das Thier, so wird die Peristaltik der Speiseröhre nach wenigen Minuten für immer aufgehoben sein. Die des Darmes dagegen gewinnt an Lebhaftigkeit. Sie bricht gewaltsamer hervor, als hätte sie der letzte Athemzug von einem Hinderniß, das sie bisher fesselte, befreit (Bd. I. §. 536.).

2344 Die Wellen der Speiseröhre, die man an dem lebenden und gesunden Thiere bemerkt, schreiten in der Richtung von dem Rachen nach dem Magen fort. Einzelne Forscher, wie Wild und Rühle, konnten selbst keine antiperistaltischen Bewegungen während des Erbrechens wahrnehmen. Budge[1]) bemerkte sie jedoch hier in Hunden, in denen er den Hals- und den Brusttheil der Speiseröhre bloßgelegt hatte. Sind sie nicht vorhanden, so wird die Speiseröhre kürzer und weiter. Sie ändert sich eher in ähnlicher Weise, wie wenn man den Vagus-Sympathicusstamm nach dem Tode des Thieres zu reizen versucht (§. 2332.).

Die Wurmbewegung der dünnen Gedärme geht zwar auch häufig peristaltisch vorwärts. Man stößt jedoch noch bisweilen auf Fälle, in denen

[1]) J. Budge, Die Lehre vom Erbrechen, Bonn, 1840. 8. S. 54. 55.

sich die Wellen in der entgegengesetzten Richtung verbreiten. Es kann sogar vorkommen, daß sich die Wirkungen von der Anspruchsstelle aus nach beiden Seiten fortpflanzen.

Die wurmförmige, absteigende Bewegung scheint fast ausschließlich in 2345
anderen Röhrengebilden, die mit einfachen Muskelfasern versehen sind, vorzukommen. Die Harnleiter können dieses zunächst erhärten. Ich erinnere mich wenigstens nie einen Fall gesehen zu haben, in dem die Wellen von der Harnblase nach der Niere hinaufgingen.

Regt man die rothe Muskelmasse der Speiseröhre an, so wiederholen 2346
sich die Wellen nicht von Neuem, so lange nicht automatische Schluckbewegungen oder fernere Reize eingreifen. Hat sich aber Schleim in den Schlingwerkzeugen abgesetzt, so kann man in dieser Hinsicht einzelnen Ausnahmen begegnen. Der Reiz der fremden Masse greift hier wahrscheinlich stärker dazwischen. Das Verschlucken von Luft ist im Stande, ähnliche Zwischenbewegungen zu veranlassen.

Haben wir ein Stück des Dünndarmes gereizt, so ereignet es sich 2347
bisweilen, daß die Wellen eine Strecke weit fortgehen, sich dann verlaufen und hierauf an der früheren Anspruchsstelle oder tiefer unten von Neuem beginnen. Dieses Spiel, das an den quergestreiften Fasern der Speiseröhre nicht beobachtet wird, kann sich dagegen mehrere Male ohne weitere Veranlassung wiederholen.

Die Wurmbewegung, die wir durch den Anspruch der nervösen Mit- 2348
telpunkte anregen können, zeigt noch beträchtlichere Unterschiede. Reizen wir den mittleren oder den unteren Brusttheil des sympathischen Nerven eines getödteten Säugethieres mechanisch oder galvanisch, sprechen wir in ähnlicher Weise die Eingeweideäste oder das Samengeflecht an, so werden oft die Gedärme unruhig. Die Versuche gelingen hier so häufig, daß man nur den Mangel der Wirkung ungünstigen Nebenbedingungen zuschreiben kann. Die mit quergestreiften Fasern versehene Speiseröhre führt, wie wir schon sahen, zu anderen Ergebnissen. Hat man das große und das kleine Gehirn nebst dem verlängerten Marke entfernt, so gelang es wenigstens bis jetzt nicht, vollkommene Schlingbewegungen durch den Reiz der Baguswurzeln herbeizuführen.

Hat man ein Stück der dünnen Gedärme aus dem Unterleibe ge- 2349
nommen und dessen Gekröse so dicht als möglich an dem Verdauungsrohre abgeschnitten, so kann sich noch die örtlich angeregte Zusammenziehung, wie wir später (§. 2417.) sehen werden, weiter fortpflanzen. Diese Mittheilung der Bewegung hängt daher nicht nothwendiger Weise von den freien Nervenknoten ab. Sie begünstigen nur die Fortpflanzung der Verkürzung in auffallendem Grade.

Da die Speiseröhre der Vögel einfache Muskelfasern besitzt (§. 2331.), 2350
so lag es nahe, sie mit der quergestreiften Muskulatur der Schlingwerkzeuge des Kaninchens zu vergleichen. Legte ich den Schlund und die Speiseröhre von Tauben bis zum Kropfe bloß, so fiel sogleich die Trägheit, mit der hier die einfachen Muskelfasern wirkten, in die Augen. Das Thier schluckte seltener ohne äußere Veranlassung. Kamen auf diese

Weise Wellen zu Stande, so schritten sie langsamer fort und blieben nicht selten auf halbem Wege stehen. Die raschesten Bewegungen, die ich wahrnehmen konnte, ließen sich noch Schritt für Schritt mit dem Blicke verfolgen. Das flugähnliche Dahineilen, welches die rothe Speiseröhre des Kaninchens darbietet, ist mir hier nie vorgekommen.

2351 Reizte ich die Innenfläche des Rachens oder des Schlundes mechanisch, so versagte der Versuch häufiger, als im Kaninchen. Eingeführte Brodkugeln blieben oft liegen; sie wurden in anderen Fällen nur eine Strecke weit fortgeschoben. Trieb sie auch eine kräftige Wurmbewegung in den Kropf hinab, so gingen sie doch nicht so schnell, als in dem Kaninchen dahin. Drückte ich den oberen Theil der Luftröhre zusammen, so konnte ich noch am Ehesten kraftvollere Verkürzungen, die sich bis zum Kropfe fortpflanzten, hervorrufen.

2352 Trennte ich die Speiseröhre einer Taube von der Mitte des Halses bis zu dem Kropfe vollständig los (§. 2349.) und schob dann Brodkugeln in den Schlundkopf ein, so bemerkte ich eine eigenthümliche Erscheinung. Die Quereinschnürungen gingen immer nur wellenartig bis zu der Stelle, an der die Speiseröhre von ihren Nachbargebilden gesondert war. Der übrige Theil blieb aber nicht ruhig, sondern bewegte sich bis zu dem Kropfe der Länge nach. Hatte ich diese Veränderung eine Reihe von Malen beobachtet, so trennte ich noch die Speiseröhre ungefähr 4 Centimeter höher los. Die Kreiswellen hörten wieder an dem frei gemachten Theile auf, die Längenverkürzung wiederholte sich dagegen abermals in dem übrigen Stücke. Wurde das Thier getödtet, die Speiseröhre herausgeschnitten und in den Kreis des Magnetelektromotors gebracht, so verminderte sich ihre Länge fast um die Hälfte. Dieser Zustand erhielt sich, wenn selbst der elektrische Strom nicht mehr wirkte. Die Breite hatte dagegen nur wenig abgenommen.

2353 Legte ich die Dräthe eines Magnetelektromotors an die beiden Seiten der Speiseröhre einer enthaupteten Taube, so bildete sich eine Menge von queren, dicht auf einander folgenden Einschnürungen. Die oben erwähnte Längenverkürzung machte sich gleichfalls bemerklich. Die Reizbarkeit verging hier eben so rasch, als in dem Darme. Sie erhielt sich dagegen länger in den rothen Körpermuskeln.

2354 Anatomische und physiologische Merkmahle der einfachen Muskelfasern. — Können wir auch die Querstreifen in den freien Muskeln älterer Leichen des Menschen oder des Pferdes bemerken, so gelingt es doch häufig nicht mehr, sie immer in den untersten rothen Theilen der Speiseröhre aufzufinden (§. 2331.). Wir stoßen aber auch oft auf ein solches scheinbares Wechselverhältniß in frisch getödteten niederen Thieren. Erst eine genauere Untersuchung desselben Exemplares oder anderer Geschöpfe derselben Art führt uns zu einer begründeten Erkenntniß. Dieses scheint z. B. der Grund zu sein, weshalb fast alle späteren Forscher meine Angabe, daß quergestreifte Fasern in dem Darme des Flußkrebses vorhanden wären, bestritten und sie erst Ed. Weber von Neuem bestättigte.

Die Zusammenziehung der Muskelfasern, die solche Wechselverhält- 2355
nisse darbieten, kann auch in mehrfacher Hinsicht von der der gewöhnlichen, gleichsam entschiedener quergestreiften Fasern abweichen. Man ist aber dessenungeachtet, wie wir sehen werden, nicht berechtigt, sie deshalb den einfachen Fasergebilden physiologisch anzureihen.

Die Muskelhäute des Magens, der dünnen und der dicken Gedärme, 2356
der Harnblase, der Eileiter des Menschen und der Säugethiere und der Gebärmutter der Letzteren bestehen so ausschließlich aus glatten Fasern, daß die eigenthümlichen Merkmahle, die hierdurch bedingt werden, ohne weiteres in die Augen fallen. Man hat daher auch von jeher diese Theile benutzt, um die anatomischen und physiologischen Eigenschaften der einfachen Fasermassen zu verfolgen.

Eine große Reihe anderer Körpertheile bietet diese einfachen Verhält- 2357
nisse nicht dar. Man findet in ihnen auf den ersten Blick eine Masse von Zellgewebe, dessen Cylinderfäden von denen des übrigen Bindegewebes nicht abweichen. Die glatten Faserbänder, die außerdem vorkommen, entgehen leicht der Beobachtung. Man hat sie daher häufig gänzlich geläugnet. Alle nachfolgenden Forscher stellten sie z. B. in der Regenbogenhaut der Säugethiere, wo ich sie angegeben hatte, in Abrede, bis erst wiederum Bruecke und Koelliker in neuester Zeit auf sie zurückkamen. Die Dartos des Hodensackes erlitt ein ähnliches Schicksal. Man hielt sie für Zellgewebe, bis ich, Bowmann und Koelliker einfache Fasern in ihr bemerkten.

Dieser Umstand verleitete zu der Annahme, daß ein contractiles 2358
Bindegewebe neben den Muskelfasern in dem Körper vorkomme. Man sieht aber leicht, daß eine solche Voraussetzung einen großen Theil ihres Bodens durch die eben erwähnten mikroskopischen Beobachtungen verliert. Eine nähere Prüfung derselben wird uns später beschäftigen.

Behalten wir nur die anatomische Untersuchung im Auge, so lassen 2359
sich einfache, platte, mit Kernen versehene Fasern theils unmittelbar, theils nach Behandlung mit Essigsäure in sehr vielen Theilen nachweisen. Man stößt nicht nur auf sie in der Regenbogenhaut und der Dartos der Menschen und der Säugethiere, sondern auch in der Gallenblase, den größeren Ausführungsgängen der übrigen Drüsen, der Luftröhre und den Bronchialverzweigungen der Lungen, zum Theil der Haut, den Fachgeweben der Milz, des männlichen Gliedes und des Kitzlers, den Schlagadern, den Capillaren, den Blutadern und den Lymphgefäßen [1]). Die Verkürzungserscheinungen, welche viele dieser Gebilde darbieten, stimmten im Wesentlichen mit denen der einfachen Fasern des Darmes überein. Die physiologische Aehnlichkeit oder Gleichheit verbindet sich daher häufig mit der anatomischen. Wir werden aber sehen, daß sich auch manche wichtigere oder untergeordnetere Unterschiede zu erkennen geben. Dieser Umstand muß uns schon abhalten, alle Gebilde der Art ohne weiteres in eine Klasse zu bringen. Manche anatomische Verhältnisse unterstützen diese Bedenken.

[1]) Vergl. Koelliker, in den Mittheilungen der Züricher naturforschenden Gesellschaft. Januar. 1847. 8. S. 18 — 28.

2360 Das elastische Gewebe z. B., welches in den größeren Schlagadern des Menschen vorkommt, scheint verschiedene Entwickelungsstufen neben einander darzubieten. Man findet hierbei platte mit Kernen versehene Fasergebilde, die in hohem Grade an einfache Muskelfasern erinnern. Prüfen wir aber dieselben Theile in größeren Säugethieren, so fehlen fast gänzlich jene Mittelbildungen. Das vollkommen elastische Gewebe tritt ausschließlicher hervor Die bisherigen Untersuchungen haben aber noch nicht dargethan, ob das Verkürzungsvermögen in gleichem Grade schwindet oder nicht. Die physiologische Prüfung muß daher immer erst das Endurtheil abgeben.

2361 Wir werden uns zunächst nur mit den §. 2366. genannten Gebilden, deren einfache Fasern reiner hervortreten, beschäftigen, um die Eigenthümlichkeit dieser Art von Muskelmassen kennen zu lernen. Wir sind hierdurch in den Stand gesetzt, die Aehnlichkeiten und Unterschiede, welche die §. 2369. erwähnten Theile darbieten, schärfer zu verfolgen.

2362 Reizbarkeitsbewegungen der größeren Unterleibseingeweide und der rothen Muskeln. — Hält man sich an die Erscheinungen, die eben getödtete Thiere darbieten, so läßt sich nicht im Allgemeinen bestimmen, ob die blassen oder die rothen Fasern ihre Reizbarkeit länger bewahren. Man findet z. B. bisweilen Pferde, deren Därme Stunden lang empfänglich bleiben, während die gestreiften Fasern ihrer Glieder galvanische Ströme in weit kürzerer Zeit nicht mehr erwiedern. Das Umgekehrte kann sich eben so oft, wo nicht noch häufiger ereignen. Der Magnetelektromotor versetzt leicht enthauptete Winterfrösche in die heftigsten Starrkrämpfe, während sich der Nahrungscanal nicht mehr regt. Kaninchen und Tauben können das Gleiche lehren. Ist man auch nicht mehr im Stande, ihren Magen oder Dünndarm zur Verkürzung zu bringen, antworten höchstens noch der Mastdarm, die Harnblase und die Samenleiter der Kaninchen mit leisen Bewegungen, so zuckt der ganze Körper auf das Lebhafteste, so wie die Schläge des Magnetelektromotors durchgehen.

2363 Das Erkalten der Theile übt zwar einen bedeutenden Einfluß auf die Reizbarkeitsverhältnisse aus (§. 2149.). Man kann sich aber bald überzeugen, daß dieser Nebenumstand den Hauptgrund jener Schwankungen nicht bildet. Wir werden zwar später sehen, daß die Art des Reizes, den man gebraucht, mit den Folgen, die er nach sich zieht, innig zusammenhängt. Man kann aber auch nicht auf diesem Wege alle jene Wechselerscheinungen vollständig erklären.

2364 Die mannigfachen Gruppen der rothen Muskeln führen in dieser Hinsicht zu auffallenden Unterschieden. Der Rumpf und die Gliedmaaßen eines Kaninchens können sich noch eine halbe Stunde nach dem Tode unter dem Einflusse des Magnetelektromotors lebhaft zusammenziehen, während das Herz und die Speiseröhre schon wenige Augenblicke nach dem letzten Athemzuge schweigen. Diese beiden Theile verlieren selbst oft ihre Reizbarkeit zu ungleichen Zeiten. Muskeln, die vor dem Tode entblößt wurden, in deren Nähe bedeutendere Blutungen stattgefunden

haben, erlahmen häufig eher, als andere, die keinen solchen Störungen unterlagen.

Die einzelnen Theile des Nahrungscanales führen zu ähnlichen Wech- 2365
selerscheinungen. Der Dünndarm kann schon völlig ruhen, wenn noch Wurmbewegungen in dem Dickdarme angeregt werden und umgekehrt. Die Blase entleert häufig ihren Harn von selbst, während der Nahrungscanal keinen Anspruch mehr berücksichtigt.

Wir sahen (§. 2253.), daß sich die gestreiften Fasern in der Ruhe 2366
erholen. Diese Sammlung ist auch den einfachen Muskeln der größeren Unterleibseingeweide möglich. Hat man ein Darmstück oder die Blase vergeblich angesprochen, so glückt es bisweilen später, denselben Versuch mit Erfolg einzuleiten. Diese Wechselfälle können nicht bloß vorkommen, wenn man die Muskelmasse selbst, sondern auch wenn man deren freie Nerven oder Knoten anspricht.

Gehen wir zu den Unterschieden, welche die Verkürzung der einfa- 2367
chen und der gestreiften Fasern darbietet, über, so finden wir, daß sich die meisten Abweichungen nur auf den Grad, nicht aber das Wesen der Wirkung beziehen. Das Gesammtbild der Zusammenziehung ändert sich dessenungeachtet in den meisten Fällen in auffallender Weise.

Ein Druck, der den Hüftnerven des Frosches trifft, wirkt nur kurze 2368
Zeit. Hat er seinen Einfluß auszuüben aufgehört, so kehren die Wadenmuskeln zu ihrer früheren Erschlaffung zurück. Wiederholen wir dagegen den gleichen Versuch mit einem Gekrösnerven, so kann sich die Einschnürung des Darmes, welche auf diese Weise entstanden ist, sehr lange erhalten. Trifft der mechanische Reiz die Muskelmasse selbst, so stößt man auf einen noch grelleren Unterschied. Der rothe Wadenmuskel antwortet meist gar nicht; der Nahrungscanal dagegen bewahrt seine örtliche Verkürzung mit einer Zähigkeit, die wir in den gestreiften Fasern nie antreffen.

Die Grundursache dieser Verschiedenheit kann nicht in den Nerven- 2369
knoten liegen. Das ausgeschnittene Herz birgt noch in seinem Innern zahlreiche Ganglien. Seine gestreiften Fasern erschlaffen aber kurze Zeit, nachdem der Reiz aufgehört hat. Der von seinem Gekröse getrennte Darm bleibt dagegen eingeschnürt. Wir können hieraus mit vieler Wahrscheinlichkeit schließen, daß der Bau der Muskelfasern den wesentlichsten Einfluß ausübt.

Man hat daher häufig gesagt, daß die quergestreifte Faser nur so 2370
lange, als der Reiz dauert, verkürzt bleibt, die einfache dagegen ihren einmal angenommenen Zustand länger beizubehalten vermag. Der zweite Theil dieses Satzes ist vollkommen richtig; der erste dagegen kann nur unter gewissen Umständen vertheidigt werden.

Enthauptet man einen Frosch und führt die Dräthe des Magnet- 2371
elektromotors in das Rückenmark, so werden der Rumpf und die Glieder oder diese allein von den heftigsten Starrkrämpfen befallen. Entfernt man wiederum die Elektroden, so hört deshalb die Steifheit der Muskeln nicht auf der Stelle auf. Das Kniegelenk setzt noch immer einen gewissen

Widerstand der Beugung entgegen. Er schwindet erst allmählig nach einer Reihe von Secunden. Wirkt dagegen der Magnetelektromotor auf ein schwächeres Präparat, in dem früher das (§. 2214.) erwähnte Muskelhüpfen vor den Starrkrämpfen die Oberhand hat, so läßt sich der Unterschenkel leicht biegen, so wie die elektrische Anregung aufhört.

Wir sehen hieraus, daß nicht bloß die kraftvolle, sich rasch wiederholende Wirkung des Magnetelektromotors, sondern auch ein gewisser Grad von Empfänglichkeit gefordert wird, um den einmal eingeleiteten Krampf ohne äußere Anregung zu erhalten. Sinkt die Muskelkraft selbst, so fehlt auch jene selbstständige Nachwirkung.

2372 Entfernt man den Kopf eines Frosches, enthäutet das Ganze und schneidet das eine Hinterbein los, so verhalten sich beide Präparate auf ungleiche Weise. Hat der Magnetelektromotor zu arbeiten aufgehört, so verlieren die Muskeln, die nicht mehr mit dem Rückenmarke verbunden sind, die Starrkrämpfe auffallend früher, als die, deren Nerven noch ihren natürlichen Zusammenhang bewahrt haben. Wurde der vordere Theil des Rückenmarkes bis zu dem vierten bis fünften Wirbel zerstört, so erschlaffen oft die Vorderbeine auf der Stelle, während die Füße gestreckt bleiben.

Das Rückenmark begünstigt daher die selbstständige Fortdauer der Starrkrämpfe in hohem Grade. Manche Schriftsteller[1]) geben an, daß sie ohne seine Mithilfe auf der Stelle aufhören. Die Erfahrung spricht aber gegen diese Behauptung. Die unmittelbare Beobachtung kann schon nicht selten lehren, daß vollkommen losgeschnittene Froschschenkel, welche den Kreis des Magnetelektromotors verlassen, noch einige Secunden steif bleiben, daß ihre Verkürzung nicht plötzlich, sondern allmählig aufhört. Die später anzuführenden Maaßbestimmungen werden uns zeigen, daß ausgeschnittene Muskelmassen, an denen kein Stück eines freien Nerven mehr vorhanden ist, die gleichen Erscheinungen darbieten.

2373 Die Verkürzung kann daher auch noch nach der Entfernung des Reizes in den gestreiften, wie in den einfachen Muskelfasern fortdauern. Während sie aber in jenen kaum eine Minute in den günstigsten Fällen anhält, verharrt sie in der Regel in diesen weit längere Zeit. Es bedarf des eigenthümlichen Reizes des Magnetelektromotors, des schnellen Schlusses und Oeffnens der Kette, damit jene Eigenschaft der rothen Muskeln deutlich wahrgenommen wird. Die blassen Häute des Darmes verrathen sie schon, wenn sie auch nur mechanischen Einwirkungen unterworfen werden. Die Gliedmaaßen bewahren ihre Starrkrämpfe mit größerer Zähigkeit, wenn ihnen das Rückenmark seine einflußreiche Unterstützung darbietet. Der Nahrungscanal hat nicht erst die Anwesenheit des Gehirns, des Rückenmarkes, der freien Knoten und Nerven zu kraftvollen Wirkungen nöthig.

2374 Ein anderer zeitlicher Unterschied wird häufig mit Unrecht als eine wesentliche Eigenthümlichkeit der Wirkungen der Gangliennerven, die sich zu den Unterleibseingeweiden begeben, angesehen. Reizen wir den Hüft-

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. S. 411. Ed. Weber, a. a. O. S. 15.

nerven mechanisch, chemisch oder galvanisch, so ziehen sich auch die Muskeln des Unterschenkels und des Fußes auf der Stelle zusammen. Die Zeit, die zwischen der Anregung und dem Erfolge verstreicht, läßt sich wenigstens nicht mit der Secundenuhr bestimmen. Wiederholen wir denselben Versuch an einem Brustknoten des sympathischen Nerven, dem Eingeweideaste, dem Sonnengeflechte oder einem Gekrösnerven, so verfließt oft eine geraume Weile, ehe die Muskeln in Thätigkeit gerathen. Es ereignet sich sogar häufig, daß die Wirkung erst nach der Entfernung des ursprünglichen Reizes zu Stande kommt.

Wir werden in der Nervenlehre sehen, daß nicht bloß der Anspruch 2375
der bewegenden, sondern auch der von empfindenden Nerven Muskelverkürzungen herbeizuführen vermag. Das Aequivalent des Reizes wird dann in diesen centripetal bis zu einem gewissen Mittelpunkte der Nervenwirkung fortgeführt und trägt sich hier auf bewegende Fasern über. Es entstehen auf diese Weise keine directen, sondern Reflexbewegungen. Der Umweg kostet eine gewisse Zeit. Die Muskelthätigkeit kommt daher nicht augenblicklich zu Stande.

Dieser und ein später (§.§. 2385. 2386.) noch zu erwähnender 2376
Grund haben dazu geführt, die Verkürzung der einzelnen Fasern mit solchen Reflexbewegungen zu vergleichen[1]). Diese Ansicht, auf die wir in der Nervenlehre zurückkommen werden, stößt auf mehrfache Schwierigkeiten. Reizen wir die Haut eines enthaupteten Thieres, so stellen sich in der Regel die Reflexbewegungen so rasch ein, daß man den Zeitunterschied kaum mit der Uhr messen kann. So lange Perioden der Ruhe, als wir bei den einfachen Fasern antreffen, kommen hier nie vor. Antwortet die Muskelmasse nicht auf der Stelle, so bleibt der Versuch im Ganzen erfolglos. Andere Gegengründe, welche sich auf die Verbreitung der Ganglien beziehen, werden uns bei der Betrachtung der Nerventhätigkeit beschäftigen.

Die Thatsache, von der man hier ausgeht, bestättigt sich aber über- 2377
dieß nicht in allen Fällen. Reizt man einen Brustknoten des sympathischen Nerven mechanisch oder galvanisch, so kann man nicht selten beobachten, daß die Wurmbewegung des Darmes auf der Stelle nachfolgt. Regt man sie von dem Gehirn aus an, so gehört es sogar, wie wir in der Nervenlehre finden werden, zur Regel, daß zwischen Ursache und Wirkung eine eben so kleine Zeit, als in den rothen Muskeln verstreicht. (Vgl. auch §. 2439.) Diese Erscheinung hängt daher vermuthlich mit einem anderen Verhältnisse, das sich bei dem örtlichen Anspruche der Muskelmasse selbst deutlich verräth, zusammen.

Drücken wir einen gestreiften Muskel, so zieht er sich entweder so- 2378
gleich zusammen oder er giebt mechanisch nach, so wie die Pressung aufhört. Man beobachtet dagegen keine spätere Nachwirkung. Wiederholen wir das Gleiche an einem ausgeschnittenen Stücke des Darmes, das kein Gekröse mehr besitzt, so kehrt oft die Druckstelle, so wie z. B. die Pin-

[1]) Volkmann, a. a. O. S. 426 fgg. Ed. Weber, a. a. O. S. 23.

cette entfernt wird, in ihre frühere Lage zurück. Alle Merkmahle deuten auf einen Zustand der Erschlaffung. Wir finden aber dessenungeachtet einige Zeit später, daß sich die Berührungsstelle eingeschnürt hat, daß sie in diesem Zustande lange verharrt und ihn erst allmählig aufgiebt. Die Verkürzung beschränkt sich dabei häufig nur auf den Ort, welcher dem ursprünglichen Eingriffe ausgesetzt war.

2379 Es versteht sich von selbst, daß hierzu kein entfernter nervöser Mittelpunkt, kein Stück des Gehirns oder Rückenmarkes, kein freier Knoten oder Nerve nöthig ist. Die Muskelmasse selbst muß die erforderlichen Bedingungen in ihren verschiedenartigen Gewebtheilen enthalten. Es bleiben hier dreierlei Verhältnisse denkbar. Das Aequivalent des Reizes pflanzt sich nach und nach auf Nerventheile fort, welche die gedrückten Punkte zur Verkürzung zwingen. Es vergeht eine gewisse Zwischenzeit, ehe dieses zu Stande kommt. Oder die einfache Muskelfaser zieht sich nur bei einer bestimmten Größe der Anregung zusammen. Diese kann von vorn herein geliefert werden oder dadurch zu Stande kommen, daß gewisse unsichtbare Folgen des Reizes, gleichsam gewisse Schwingungen eine Zeit lang fortdauern und sich so anhäufen oder sich unmittelbar nach und nach verstärken. Diese Art von Wirkung kann von den Nerven oder den Muskelfasern selbst ausgehen.

2380 Wir werden später sehen, daß die zuerst erwähnte Vorstellung auf sehr viele Schwierigkeiten stößt, ja wahrscheinlich sogar unmittelbar von der Erfahrung widerlegt wird. Mögen wir aber die letztere Annahme auf die Nerven oder die Muskelfasern selbst übertragen, so kann sie auch auf die oben erwähnten Versuche, in denen entfernte Ganglien gereizt werden, angewandt werden. Der Schluß, daß hier Reflexbewegungen nothwendiger Weise vorhanden sind, ist nicht gerechtfertigt.

2381 Die eben erläuterten Erscheinungen machen es begreiflich, weshalb die einfachen Muskelfasern Reize, die sie selbst, vorzüglich aber ihre Nerven treffen, wenn ich mich so ausdrücken darf, launenhafter beantworten. Diese Willkühr kann sich auch auf die Orte, welche der Anregung folgen, ausdehnen.

2382 Leiten wir den Strom eines Magnetelektromotors durch die Endpunkte eines rothen Muskels, so zieht er sich auch seiner ganzen Länge nach zusammen. Bringen wir aber die beiden Elektroden in die zwei Oeffnungen eines ausgeschnittenen Darmstückes, so daß die elektrischen Ströme das Ganze durchsetzen, so verkürzen sich oft nur einzelne Punkte, ohne daß die Reizbarkeit der ruhenden Theile verloren gegangen ist (§. 2407.). Es scheint daher, daß jene Bedingungen der Anhäufung der Stöße oder der Schwingungen an den verschiedenen Orten in ungleichem Maaße erzeugt oder in abweichendem Grade verarbeitet werden.

2383 Wir haben gesehen (§. 2332.), daß ein Bissen, den wir in die aufgeschlitzte Speiseröhre eines Kaninchens einführen, Wellenbewegungen des unteren Theiles, die ihn bald nach dem Magen führen, anregt. Es kann daher die Peristaltik unter diesen künstlichen Verhältnissen an einer beliebigen Stelle des Oesophagus beginnen. Die Wirkung kommt aber nicht

ohne die Hilfe eines Nervenmittelpunktes zu Stande. Wir werden in der Folge finden, daß die Theile, welche die unerläßliche Vermittelungsrolle übernehmen, oberhalb des freien Halsknotens des herumschweifenden Nerven und hinter dem großen Gehirn liegen.

Reizen wir die Großhirnschenkel, das verlängerte Mark, die Brust- 2384
knoten des Sympathicus oder das Sonnengeflecht, so beschränkt sich die Verkürzung der dünnen Gedärme auf keine einzelne Stelle. Sie schreitet vielmehr wurmartig fort. Man hat auf diese Weise viele Punkte gleichzeitig angeregt. Sie arbeiten aber nicht auf einmal, sondern nach einander. Drücken wir eine Stelle des Darmes mit der Pincette zusammen, so wiederholt sich oft dieselbe Erscheinung. Man stößt aber hier häufig noch auf zwei eigenthümliche Verhältnisse. Die Wurmbewegung geht zwar meist peristaltisch weiter. Es ereignet sich aber auch, daß sie nach beiden Seiten hin von der Reizungsstelle aus fortschreitet. Sind ihre Wellen nach einiger Zeit an einem entfernten Orte verschwunden, so beginnen sie bisweilen von Neuem. Sie können dann an der früheren Reizungsstelle selbst oder tiefer unten anfangen.

Manche Forscher nehmen an, daß jene Fortpflanzung der Bewegung 2385
nur so lange, als noch die Theile mit freien Nervenknoten zusammenhängen, möglich werde. Es ist keine Frage, daß die natürliche Verbindung diese Erscheinungen begünstigt. Die Erfahrung spricht aber wiederum gegen die allgemeine Gültigkeit jenes Lehrsatzes.

Schneidet man den Magen oder einen Theil des Dünndarmes des Frosches aus und reizt ihn an einer Stelle mechanisch, so beschränkt sich allerdings häufig die Einschnürung auf die Anspruchsstelle. Wiederholt man aber die Versuche öfter und setzt man vorzüglich die Beobachtung in jedem Einzelfalle länger fort, so findet man, daß nicht selten die Verkürzung weiter schreitet. Der elektrisch angesprochene Darm des Kaninchens führte mich auch zu den gleichen Erfahrungen und Ed. Weber[1]) machte dieselbe Beobachtung an dem Nahrungscanale der Katze.

Man hat dieses allmählige Fortrücken der Bewegung als eine zweite 2386
Stütze des Vergleiches mit den Reflexbewegungen (§. 2376.) angesehen. Da aber die freien entfernten Nervengebilde die Erscheinung nur begünstigen, da die Mittheilung der Bewegung auch ohne sie zu Stande kommen kann, so muß die ursprüngliche Ursache derselben in den einfachen Muskelfasern des Nahrungscanales, den in ihnen eingeschlossenen Nervengebilden, oder in beiden zugleich liegen.

Wir werden in der Nervenphysiologie finden, daß die Reflexbewe- 2387
gungen, so viel man bis jetzt weiß, nur durch die Vermittelung von Nervenkörpern zu Stande kommen. Soll daher der Vergleich eine Grundlage haben, so müßten sich Ganglienkugeln in dem Innern der Muskelhäute des Darmes an allen Orten vorfinden. Die mikroskopische Anatomie hat bis jetzt noch nichts der Art nachgewiesen. Manche physiologische Erscheinungen sprechen ebenfalls dagegen.

---

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 24.

2388 Schält man ein viereckiges Stück der Magenschleimhaut aus, so krümmt es sich von selbst. Es gelang mir aber hier bis jetzt nie, fortschreitende Wurmbewegungen durch mechanische Reize oder durch den Einfluß des Magnetelektromotors hervorzurufen. Fänden sich im Innern nervöse Mittelpunkte, so ließe sich erwarten, daß sie noch häufig in solchen Bruchstücken erhalten sein werden. Fehlt aber dennoch die Peristaltik, so kann man eher vermuthen, daß in dieser Hinsicht die Anordnung der Fasern und die Art der Verarbeitung des Reizes die wesentlichen Rollen übernehmen.

2389 Diese Anschauungsweise wird noch dadurch unterstützt, daß die successive Fortpflanzung der Verkürzung nicht zu den allgemeinen Erscheinungen gehört. Der Magen z. B. schnürt sich oft örtlich ein, er macht in anderen Fällen Wellenbewegungen und verkleinert sich in noch anderen in seinem ganzen Umfange. Die Harnblase liefert die gleichen Erscheinungen. Die Gallenblase zeigte bis jetzt nur örtliche Einschnürungen oder eine durchgreifende Verengerung, aber keine peristaltischen Bewegungen. Ein und derselbe Reiz kann diese verschiedenartigen Lebensäußerungen veranlassen.

2390 Die meisten rothen Muskeln werden von freien Hirn- und Rückenmarksnerven in dem Menschen und den Wirbelthieren versorgt. Der größte Theil von ihnen vermag dem Befehle des Willens zu gehorchen. Wir kennen bis jetzt kein Organ aus jenen höheren Geschöpfen, das einfache Muskelfasern führt und dessen Thätigkeit von dem Willen geleitet würde oder unter regelrechten Verhältnissen zum Bewußtsein gelangte.

Die Eingeweide der Brust und des Unterleibes dagegen entziehen sich unserem Willeneinflusse. Wir empfinden ihre Thätigkeit nicht, so lange sie sich in den regelrechten Grenzen hält. Die Nerven, die zu ihnen gehen, besitzen zahlreiche Knoten. Das Herz und die Speiseröhre sind dabei mit quergestreiften, die übrige Reihe der Eingeweide dagegen mit einfachen Muskelfasern versehen.

2391 Volkmann[1]) schrieb daher die vorzüglichsten der oben erwähnten Eigenthümlichkeiten, welche die Bewegungserscheinungen des Nahrungscanales darbieten, dem Einflusse der Nervenknoten zu. Jene Wirkungen sollten auf Reflerthätigkeiten beruhen, welche die Ganglien vermittelten. Es erkläre sich z. B. hieraus, weshalb der Reiz, den die Rotationsmaschine auf den herumschweifenden Nerven ausübt, Starrkrampf in der Speiseröhre und fortschreitende Bewegungen in dem Magen der Säugethiere anrege.

2392 Berücksichtigt man aber, daß jene gestreifte und dieser einfache Fasern führt und behält man die früher erläuterten Unterschiede, welche beide Arten von Verkürzungsgebilden darbieten, im Auge, so ergiebt sich von selbst, daß die eben erwähnte Anschauungsweise aus den ihnen zum Grunde liegenden Thatsachen nicht folgt. Fernere Betrachtungen können uns aber noch weitere Gegengründe liefern.

2393 Die Wurmbewegung, ein Hauptmerkmahl, auf dem jene Reflervor-

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. S. 426.

stellung fußt, findet sich nicht selten in den willkührlichen Muskeln mancher wirbelloser Geschöpfe, die nur einfache Fasern besitzen. Der Fuß einer Schnecke bietet sie gewöhnlich dar. Sie kehrt eben so in der mit einfachen Fasern versehenen Speiseröhre der Vögel wieder. Die Natur der Gewebe entscheidet hier mehr, als die Nervengebilde, die sich in ihnen verbreiten.

Die Beobachtungen, die zuerst Weber[1]) an dem Nahrungscanal der 2394
Cyprinusarten angestellt hat, geben hierfür noch deutlichere Belege. Der Karpfen (Cyprinus carpio) und der Weißfisch (C. alburnus) enthalten in ihrem Nahrungscanale einfache Muskelfasern, wie die meisten übrigen Wirbelthiere. Die Schleihe (C. tinca) bildet dagegen, wie Reichert entdeckte, eine Ausnahme von dieser Regel. Der größte Theil der Muskelwände ihres Magens und Darmes besitzt gestreifte Fasern. Sie sind verhältnißmäßig schmal. Ihre Querstreifen treten in einzelnen Fällen etwas undeutlicher hervor. Sie geben sich aber meistentheils mit der größten Bestimmtheit zu erkennen.

Der Nahrungscanal der Fische erhält einen großen Theil seiner Nerven von dem herumschweifenden Stamme, der oben in einen starken Knoten anschwillt. Diese Anordnung findet sich eben so gut in der Schleihe, als in dem Karpfen.

Entschiede die Art der Nervenversorgung, wie es die §. 2401. mit- 2395
getheilte Anschauungsweise fodert, und nicht der Bau der Muskelfasern, so ließe sich erwarten, daß der Darm der Schleihe dieselben Verkürzungserscheinungen, wie der des Karpfens oder anderer Fische darbieten wird. Die Beobachtung lehrt, daß dieses nicht der Fall ist.

Ließ Weber den Rotationsapparat auf den Magen der Schleihe wirken, so zog sich der ganze Nahrungscanal augenblicklich zusammen. Seine Bewegungen glichen denen der rothen Körpermuskeln und nicht denen des Darmes der übrigen Wirbelthiere. Kam dagegen der Mastdarm mit den Elektroden in Berührung, so antwortete er in beschränkterer Weise. Der Nahrungscanal des Karpfens bot nur die gewöhnlichen Verkürzungsverhältnisse der einfachen Muskeln dar. Er antwortete eben so träge, als in den meisten übrigen Fischen.

Ich habe diese Untersuchungen an fünf Schleihen wiederholt und kann im Wesentlichen nur das Gleiche berichten. Legt man die Elektroden an den Theil des Hirns, aus dem die Vaguswurzeln hervorgehen, an den herumschweifenden Nerven oberhalb oder unterhalb seines Hauptknotens oder an den Magen selbst, so erzeugt man sogleich die plötzliche ruckartige Zusammenziehung. Der ganze Nahrungscanal erhält gleichsam einen Stoß in demselben Augenblicke. Spricht man den hinteren Theil des Darmes an, so bemerkt man fast nie so allgemeine Wirkungen. Als ich diese Untersuchungen im Januar anstellte, verloren die Eingeweide ihre Reizbarkeit sehr kurze Zeit, nachdem sie aus der Unterleibshöhle entfernt worden waren.

---

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 28.

Der untere Theil des Darmes der Schleihe führt einfache Fasern neben den quergestreiften. Diese finden sich überdieß noch in einzelnen Eingeweiden mancher Fische. Budge bemerkte sie in dem Schlammpeizger (Cobitis fossilis) in den Muskelwänden des Magens, nicht aber in denen des Darmes. Ich stieß bei der Untersuchung der Schwimmblase von Lepisosteus auf Fleischbalken, welche die schönsten quergestreiften Fasern darboten. Es beruht dagegen auf einem Mißverständniß, wenn mir zugeschrieben worden ist [1]), daß ich den zelligten Bau von diesen Muskelmassen allein herleitete. Meine Beobachtungen ergaben ausdrücklich [2]), daß die netzförmigen Verbindungen der Sehnenfasern und nicht die Muskeln die Zellen, die schon bei ungeöffneter Schwimmblase durchschimmern, bilden und daß sich auch die untergeordneten Sehnen allein gegenseitig verbinden.

2396 Ed. Weber hat den Vorschlag gemacht, die eigenthümliche Art von Zusammenziehung, welche die meisten quergestreiften Fasern darbieten, mit dem Namen der animalen, die der einfachen Fasern dagegen mit dem der organischen zu bezeichnen, weil manche gestreifte Muskeln eher diese als jene Verkürzungsweise darbieten. Das Herz z. B., der Darm des Krebses und zum Theil die Speiseröhre gehören nach ihm zu diesen Ausnahmsgebilden.

2397 Wir sahen schon früher (§. 2331.), daß die Speiseröhre gestreifte und einfache Fasern neben einander enthalten kann. Es wird daher hier die Bewegungsweise von dem Orte der Reizung abhängen. Der Nahrungscanal der Schleihe giebt zu derselben Bemerkung Veranlassung.

2398 Die Verhältnisse des Herzens gleichen mehr im Ganzen denen der quergestreiften, als denen der einfachen Fasern. Die scheinbaren und wirklichen Abweichungen werden uns in der Nervenphysiologie beschäftigen.

Die schon früher (§. 2354.) erwähnten Fälle, in welchen man die Querstreifen bald bemerkt, bald dagegen vermißt, in denen überhaupt die meist schmalen Muskelfasern gewissermaßen nur die niederste Stufe der bleibenden Ausbildung erreichen, verdienen hier eine besondere Aufmerksamkeit. Man kann dann auf Bewegungsäußerungen stoßen, die in höherem Grade von denen der entschiedener gestreiften Fasern abweichen. Nehmen wir den Nahrungscanal der Krebse als Beispiel.

Da Weber [3]) bloß örtliche Zusammenziehungen hier beobachtete, so schrieb er eine ausschließliche organische Bewegung diesem quergestreiften Gebilde zu. Legte ich die Dräthe des Magnetelektromotors an den Darm lebender Krebse, so konnte ich mir keine zuverlässige Anschauung wegen der gleichzeitigen Zuckungen der benachbarten Schwanzmuskeln verschaffen. Schnitt ich ihn an, so antwortete er in einigen Thieren gar nicht. Er zog sich in anderen Fällen der Art heftig und zwar stellenweise oder im Ganzen zusammen. Die Schnelligkeit der Zuckungen verrieth hier viel deutlicher quergestreifte, als einfache Fasern. Es bildeten sich endlich auch nur örtliche Einschnürungen in manchen Versuchen, in denen man die Elektroden zu beiden Seiten des Nahrungscanales anlegte. Setzte ich den

---

[1]) Joh. Müller, Untersuchungen über die Eingeweide der Fische. Berlin, 1845. 4. S. 29. und hiernach in Stannius und Siebold, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Bd. II. Abth. II S. 480.

[2]) Repertorium. Bd. V. Bern, 1840. 8. S. 394. 395.

[3]) Ed. Weber, a. a. O. S. 29.

Magen dieser Thiere (im December) den gleichen Einflüssen aus, so erhielt ich nie ein sicheres Ergebniß.

Wir haben aber gefunden (§. 2354.), daß die quergestreiften Fasern nicht mit gleicher Schärfe in verschiedenen Krebsen ausgebildet sind. Ihre Merkmahle können wenigstens nur leiser hervortreten. Die Lebenserscheinungen dürften am Ehesten diesen Verhältnissen des Baues entsprechen. Die schwankenden Ergebnisse würden sich hieraus am Einfachsten erklären.

Blicken wir auf das Ganze dieser Untersuchungen zurück, so ergiebt 2399
sich, daß die Structur der Muskelfasern und nicht die Art der Nervenversorgung das entschiedenste Bestimmungsglied für die wesentlichsten Verkürzungserscheinungen bildet. Das Herz selbst unterstützt sogar diese Ansicht. Die Natur hat ihm gestreifte Fasern verliehen, damit es sich rasch, kraftvoll und als ein Ganzes zusammenziehe. Seine besonderen Verhältnisse machten nur Nebeneinrichtungen nothwendig, die es von den meisten übrigen rothen Muskeln unterscheiden und auf die wir in der Nervenlehre zurückkommen werden.

Verhalten der gestreiften Fasern und der einfachen Mus- 2400
kelgebilde der größeren Unterleibseingeweide zu den verschiedenen Reizen. — Die früheren Betrachtungen führten uns schon zu der Ueberzeugung, daß die rothen Muskeln von den Nerven in höherem Grade als die blassen abhängen. Die Art, wie äußere Reize beantwortet werden, wechselt ebenfalls häufig mit der Natur dieser beiden Gattungen von Verkürzungsgebilden.

So leicht sich die Wadenmuskeln, wenn der Hüftnerve *mechanisch* 2401
gereizt wird, zusammenziehen, so schwach wirkt in der Regel eine Anregung, welche die Muskelmasse selbst trifft (§. 2141.). Die einfachen Muskelhäute des Darmes besitzen eine weit größere Empfänglichkeit für solche Eingriffe. Drücken wir sie mit der Pincette, so erhalten wir oft eine kräftige Einschnürung, die sich bald auf die gepreßte Stelle beschränkt, bald dagegen weiter schreitet.

Versagen auch schon die übrigen Reize, so wird doch meist noch der 2402
mechanische Anspruch von den einfachen Muskelfasern beantwortet. Wir können hierdurch häufig beträchtliche Verkürzungserscheinungen hervorrufen, wenn uns schon der Magnetelektromotor verlassen hat. Ist die Reizbarkeit für den Augenblick verschwunden, so läßt sich ihre Wiederkehr durch den Gebrauch von mechanischen Reizen am Ehesten erkennen.

Die Versuche, die wir mit solchen mechanischen Eingriffen anstellen, 2403
führen oft eine eigenthümliche Erscheinung, die auch in manchen anderen Anspruchsweisen wiederkehrt, herbei. Drücken wir ein ausgeschnittenes Dünndarmstück eines Frosches oder Kaninchens zusammen, so bildet sich eine Einschnürung an der gepreßten Stelle. Es erzeugen sich aber noch bisweilen an einzelnen entfernten Punkten ähnliche Ringe, die durch blasige Auftreibungen geschieden werden. Wiederholt man den Versuch, wenn Alles zur Ruhe gekommen ist, so erhält man von Neuem eine Reihe von Verengerungen, die auf verschiedene Abstände vertheilt sind. Die Orte, an denen sie jetzt auftreten, fallen aber nicht immer mit denen, wo sie

sich früher befanden, zusammen. Es müssen daher die Ursachen, die sie erzeugen, von gewissen inneren Wechselverhältnissen abhängen.

2404 Man bemerkt häufig, daß der eine Theil des Nahrungscanals früher, als der andere abstirbt. Die Geschlechtswerkzeuge oder der Dickdarm der Säugethiere beantworten oft noch mechanische Reize, wenn selbst schon der Dünndarm schweigt. Ist kein künstlicher Reiz mehr im Stande, Wirkungen zu veranlassen, so verkleinert sich noch die Harnblase nicht selten von selbst.

Es läßt sich schwer entscheiden, inwiefern hier zufällige oder wesentliche Bedingungen eingreifen. Der Körper des Frosches führt in dieser Hinsicht zu beständigeren Erscheinungen. Die Harnblase und der Eileiter besitzen hier eine solche Trägheit, daß ich mich nicht erinnere, an ihnen irgend kraftvolle Verkürzungswirkungen wahrgenommen zu haben. Der Eileiter eines Frosches, der eben im Laichen begriffen war, lieferte mir sogar keine schärferen Ergebnisse.

2405 Ein zu hoher Grad von Wärme zerstört sowohl die Kraft der einfachen, als die der quergestreiften Fasern (§. 2156.). Die bis jetzt gemachten Beobachtungen können noch nicht entscheiden, ob jene der Hitze kräftiger widerstehen, als diese oder nicht. Hatte ich den Dünndarm des Frosches einige Augenblicke in Wasser von $47^{0}5$ C. untergetaucht, so zog er sich noch schwach und örtlich zusammen, wenn ich an ihn die Dräthe einer Zinkkohlenkette anlegte.

2406 Der Galvanismus regt im Allgemeinen die einfachen Fasern schwerer, als die quergestreiften an. Man kann hiernach vermuthen, daß er eher auf die Nerven, als auf die Muskelfasern selbst wirkt.

2407 Verstärkte ich den Magnetelektromotor in dem Grade, daß ein Mensch, der die Handhaben mit befeuchteten Händen berührte, die Schläge kaum eine Minute lang aushalten konnte, daß schon die bloße Berührung der Dräthe unangenehm wirkte, und legte ich diese dann an zwei entfernte Stellen eines ausgeschnittenen und von seinem Gekröse getrennten Kaninchendarmes, so bildete sich nach und nach eine Reihe von Einschnürungen, die in ziemlich regelmäßigen Entfernungen vertheilt und durch blasige Auftreibungen getrennt waren. Wiederholte ich den Versuch an dem Dünndarme des Frosches, so fand sich im Anfange das Gleiche ein. Dauerte aber die Wirkung des Magnetelektromotors länger fort, so verengerte sich das Darmstück, das zwischen den Elektroden lag, in so bedeutendem Maaße, daß sein Durchmesser fast um die Hälfte abgenommen hatte. Entfernte man die Dräthe, so blieb dieser Zustand eine Zeit lang zurück. Er schwand zwar später. Das freie Auge war aber nicht im Stande, die einzelnen Veränderungen, welche die Rückkehr in die früheren Verhältnisse begleitete, zu verfolgen.

2408 Schnitt ich den Magen von Fröschen aus, trennte das Gekröse los und führte den positiven Drath des Magnetelektromotors in den Pförtner und den negativen in den Cardiatheil ein, so verkürzte sich meist jener zuerst. Die Bewegung schritt dann in mehreren Fällen von dem Dünndarmende nach dem Cardiaanfange fort. Wechselte ich jetzt die Dräthe, so daß sich der

positive in dem Cardiastücke befand, so begann die Bewegung an diesem und schritt in entgegengesetzter Richtung weiter. Es kam aber auch zwei Mal vor, daß sich eine von der Berührungsstelle entfernte Gegend zuerst verkürzte und daß sich die Veränderung in der Richtung von der negativen nach der positiven Elektrode verbreitete. Der Magen verengerte sich endlich in anderen Versuchen gleichförmig.

Diese Thatsachen bestättigen von Neuem, daß die ursprüngliche Ur- 2409
sache der Wurmbewegung nicht in entfernten Nervengebilden, sondern in der ungleichen Erregbarkeit, in der allmähligen, fruchtbaren Anregung der blassen Muskelmasse selbst liegt (§. 2359.).

Dringt die Atmosphäre in die Unterleibshöhle eines getödteten 2410
Säugethieres, so erregt sie die lebhafteste Peristaltik (Bd. I. §. 535.). Die dünnen Gedärme pflegen sich unter diesen Verhältnissen am Leichtesten und Lebhaftesten zu bewegen. Der Dickdarm ruht häufig ganz oder geräth in eine verhältnißmäßig trägere Wurmbewegung. Die Harnblase zieht sich bisweilen so sehr zusammen, daß der Urin ausgetrieben wird. Der Magen, die Eileiter und die Gebärmutter verkürzen sich in den meisten Fällen nicht von selbst. Der Nahrungscanal der Frösche und der Fische wird in der Regel gar nicht oder höchstens nur in sehr geringem Grade von dem Einflusse der Luft beunruhigt.

Einzelne chemische Reize scheinen die einfachen Fasern des Nah- 2411
rungsschlauches der Säugethiere in geringerem Maaße, als mechanische Ansprüche anzuregen. Berührte ich z. B. Dünndarmstücke eines frisch getödteten Pferdes, die noch den Druck mit der Pincette lebhaft beantworteten, mit Essigsäure, Salpetersäure oder verdünnter Kalilösung, so blieb jede auffallende lebendige Verkürzung aus. Diese Versuche gelingen schon zu einer Zeit, in der noch die rothen Körpermuskeln einen hohen Grad von Empfänglichkeit besitzen.

Formenwechsel der einfachen Muskelfasern. — Der Ma- 2412
gen des Frosches eignet sich am Besten, um die auch hier vorkommenden Zickzackbiegungen der durchschnittenen Fasern (§. 2076 ffg.) zu beobachten. Trennt man ein viereckiges Stück los und entfernt die Schleimhaut und das Bauchfell, so kann man oft die regelmäßigsten knieförmigen Einknickungen unter einer 27fachen Durchmesservergrößerung erblicken. Man findet aber dieses Bild nicht in allen Präparaten. Untersuchte ich den Magen eines Frosches, der zwei Tage vorher getödtet worden war, so ließen sich noch Zickzacke an einzelnen Faserbündeln wahrnehmen.

Man kennt bis jetzt noch nicht die Formveränderungen, welche die 2413
lebendige Verkürzung dieser Gebilde begleiten. Da sich die einzelnen losgelösten Stückchen der Muskelmasse nicht mehr zusammenzuziehen pflegen, so werden hier die Beobachtungen in hohem Grade erschwert.

Reizbarkeitsdauer der beiden Arten von Muskelfasern. 2414
— Es ergiebt sich aus dem früher (§. 2291 ffg.) Dargestellten von selbst, daß alle Versuche, die man hier ohne die genauesten Vorsichtsmaßregeln anstellt, auf unsicheren Grundlagen fußen. Die Ergebnisse hängen nicht bloß von den geprüften Theilen, sondern von der Art des Anspruches ab.

Beobachtungen, welche diesen Umstand gebührend berücksichtigten, fehlen noch gänzlich. Die in dem Folgenden angeführten Angaben können daher als völlig sichere Normen nicht gelten.

2415 Nysten[1]) fand, daß der Dickdarm enthaupteter Menschen seine Empfänglichkeit 45 bis 55 Minuten nach dem Tode verliert. Die dünnen Gedärme bewahren sie im Allgemeinen etwas länger. Der Magen hört noch später zu wirken auf. Die Harnblase verliert oft ihre Reizbarkeit zu derselben Zeit, wie der Magen. Ihre Kräfte erhalten sich in der Regel mehr, als eine Stunde nach dem Tode. Die Thätigkeit der einfachen Fasern würde hiernach ebenfalls früher, als die vielen rothen Muskeln (§. 2289.) schwinden.

Phoebus und Wilgenroth[2]) versuchten, eine Mittelskale für einzelne Säugethiere, wie Kaninchen, Hunde und Katzen zu entwerfen. Ordnen wir ihre Bestimmungen den Zeiten nach, so erhalten wir:

Theil.	Reizbarkeitsdauer in Minuten.	Theil.	Reizbarkeitsdauer in Minuten.
Linke Herzkammer	16	Speiseröhre	44
Dickdarm	25	Muskeln des Rumpftheiles des Halses, die durch die Enthauptung getrennt wurden	45 bis 50
Muskeln des Kopftheiles des Halses, die bei der Enthauptung durchschnitten wurden	26	Kaumuskeln	46
		Zwerchfell	51
Linker Vorhof des Herzens	30	Gesichtsmuskeln	53
Antlitznerve allein	35	Rumpfmuskeln	60 bis 70
Dünndarm	35 bis 40	Muskeln der Hinterbeine	70
Antlitznerve nebst seinen entsprechenden Muskeln	40	Muskeln der Vorderfüße	80 bis 90
Rechte Herzkammer	40	Rechte Herzkammer	85 bis 90

Da hier häufig der Galvanismus als Reizmittel gebraucht wurde, so bestättigt diese Tabelle wiederum, daß seine Wirkung in den einfachen Fasern früher als in den quergestreiften erlischt (§. 2362.).

Die Harnblase bot sehr unbeständige Erscheinungen dar. Sie zog sich aber noch in einer Katze unter dem Einflusse der Elektricität 34 und in einem Hunde 49 Minuten nach dem Tode zusammen.

Die verschiedenen Reize ergaben für den Nahrungscanal:

Theil.	Reizbarkeitsdauer in Minuten.		
	Bloße Luft.	Mechanischer Anspruch.	Galvanismus.
Magen	—	15 bis 16	—
Dünndarm	15	20	25
Dickdarm	25	30	35 bis 40

[1]) Nysten, a. a. O. p. 321.

[2]) M. R. Wilgenroth, Pericula nonnulla in animalibus violenter necatis facta. Berolini, 1833. 8. p. 30. 32. 33.

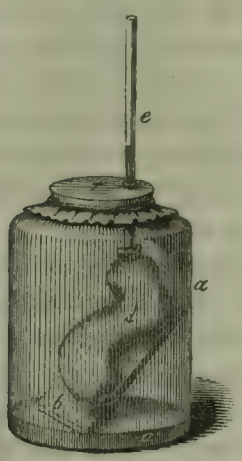
Die Annahme, daß die galvanischen Erregungen wirksamer, als die mechanischen seien, stehen mit den anderen früher (§. 2362 fgg.) erwähnten Erfahrungen in Widerspruch.

Todtenstarre der Unterleibseingeweide. — Es läßt sich 2416
mit Recht vermuthen, daß die einfachen Muskelfasern eben so gut, als die quergestreiften in Todtenstarre verfallen. Die Därme fühlen sich einige Zeit nach dem Tode härter an. Koth und Urin gehen häufig von Leichen ab, ohne daß die Zeit des Austrittes dieser Massen mit der der Erschlaffung der Schließmuskeln zusammenfiele. Die Gebärmutter entledigt sich eben so bisweilen ihres Inhaltes einige Zeit nach dem Lebensende.

Da diese Thatsachen mannigfach gedeutet werden können, so ist man 2417
nicht im Stande, sie zu sicheren Beweismitteln zu gebrauchen. Man muß daher, wo möglich, auf dem Wege der Messung zum Ziele zu gelangen suchen. Die Beobachtung der Höhlenveränderung des Darmes liefert hierzu das passendste Mittel. Verfolgt man ihren Wechsel mittelst einer Steigröhre, so findet man, daß das in dieser befindliche Wasser mit dem Eintritt der Todtenstarre nach und nach emporgetrieben wird, sich während der Dauer derselben auf ihrer größten Höhe hält und später wiederum zurückgeht. Wir haben daher hier ähnliche Verhältnisse, wie in den rothen Muskeln (§. 2297.).

Die Fig. 67. abgebildete Vorrichtung diente mir zur Verfolgung dieser Erscheinungen. Ein Gefäß *a*, in dem ein schief stehendes Brett angebracht ist, enthält unten eine gewisse Menge von Wasser *c*. Das eine Ende des Darmstückes *d* wird fest zugeschnürt, das andere dagegen mit einer Röhre *e* in Verbindung gebracht. Man gießt so lange laues Wasser ein, bis der Darm strotzend gefüllt ist und die Flüssigkeit in einer gewissen Höhe in *e* stehen bleibt. *d* kommt auf das Brett *b*; die Röhre *e* dagegen muß durch eine passende Oeffnung eines doppelten Deckels *f*, der *a* schließt, durchgeführt werden, damit sie in allen Fällen senkrecht stehen bleibt. *f* wird noch zuletzt mit feuchter Blase umbunden.

Fig. 67.



Da sich das Wasser *c* an dem Boden des Gefäßes *a* befindet, so liegt der Darm in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume. Er kann nicht vertrocknen und sich in Folge dessen verkleinern. Tritt die Todtenstarre ein, so steigt die in *e* befindliche Flüssigkeit. Sie geht wiederum später bedeutend hinab.

Ein anderer Umstand macht es unmöglich, die Größe der Veränderung mit Genauigkeit zu finden. Die Wände des Darmes haben einen um so größeren Druck auszuhalten, je höher hinauf *e* mit Flüssigkeit gefüllt ist (Bd. I. §. 994.). Ihre Spaltenräume können sich hierbei erweitern. Es schwitzt von Zeit zu Zeit Wasser durch und fällt in Tropfen ab. Es ist denkbar, daß auf diese Weise der ganze Versuch vereitelt zu werden vermag. Die Steighöhe fällt deswegen immer kleiner, als sie sollte, aus.

Gebrauchte ich ein Stück des Dünndarmes eines Pferdes, das ¼ bis ½ Stunde vorher getödtet worden war, so zog es sich, während Gerber es vorbereitete, bedeutend zusammen. Die Flüssigkeitssäule sank fortwährend bis 7 Stunden nach dem Tode. Die Erschlaffung nahm daher in dieser Zeit immer mehr zu. Der Spiegel änderte sich dagegen in den folgenden Stunden nicht mehr. Er war sogar am anderen Morgen, 24

Stunden nach dem Tode, um 7½ Mill. gestiegen. Er sank erst 5 bis 6 Stunden später tiefer hinab, befand sich aber noch nach 7 Stunden 3¼ Millimeter höher, als an dem vorigen Tage während der größten Erschlaffungszeit. Er ging in der Folge rasch hinab und blieb immer tiefer bis 120 Stunden nach dem Tode. Die Todtenstarre wiederholte sich also nicht zum zweiten Male.

Die Häute des gebrauchten Dünndarmstückes nahmen 61,21 C. C. Rauminhalt ein. Der mittlere Durchmesser der eingefügten Glasröhre glich 4 Millimeter.

2418 **Regenbogenhaut.** — Das Sehloch des Menschen, der Säugethiere und der Vögel ändert häufig seine Größe in wenigen Augenblicken. Es lag nahe, den von den Zuständen der Regenbogenhaut herrührenden Umfangswechsel von der Thätigkeit von Muskelfasern, die in dieser vorhanden sind, herzuleiten. Die Schwierigkeit, sie mit freiem Auge und selbst unter dem Mikroskope nachzuweisen, drängte oft diese Ansicht in den Hintergrund. Manche ältere und neuere Forscher[1]) vertheidigten vielmehr die Vorstellung, daß die Gestaltveränderungen nicht von der Wirkung von Muskelkräften, sondern von der wechselnden Füllung der Blutgefäße der Iris herrührten.

2419 Die anatomische Untersuchung lehrte, daß die Gewebe der Regenbogenhaut des Menschen und der Säugethiere von denen der Vögel wesentlich abweichen. Jene enthält einfache und diese gestreifte Muskelfasern. Der Unterschied drückt sich auch in den Verkürzungserscheinungen, wie Weber[2]) zuerst beobachtete, aus.

2420 Entfernte ich die Augenlider einer enthaupteten Taube und legte die Dräthe des Magnetelektromotors an die Sklerotica dicht nach außen von dem Hornhautrande, so daß die Regenbogenhaut innerhalb des kürzesten Weges der elektrischen Strömung lag, so verkleinerte sich das Sehloch blitzähnlich. Es verharrte in dem hierdurch angenommenen Zustande, so lange der Galvanismus einwirkte. Schnitt ich die vordere Hälfte des Augapfels aus und berührte das äußerste Ende der Aderhaut mit den Leitungsdräthen, so wiederholten sich die gleichen Erscheinungen, die Krystalllinse mochte noch vorhanden sein oder nicht. Hört die Wirkung des Stromes auf, so findet man, daß das Sehloch nach kurzer Zeit erweitert ist.

2421 Sank die Reizbarkeit solcher Präparate, so veränderten sich nur einzelne Stücke der Regenbogenhaut unter dem Einflusse des Magnetelektromotors. Legte man die Dräthe an die Aderhaut, so daß der kürzeste Weg des Stromes einen unteren Abschnitt der Regenbogenhaut allein durchsetzte, so schoß nur dieser vor. Das Uebrige blieb ruhig. Das Sehloch nahm daher eine unregelmäßige Gestalt an. Trennte ich dagegen den Irisring vollständig los, so glückte der Versuch nicht mehr. Es schien sich nur in einem sehr reizbaren Präparate ein ausgebreiteter leiser Krampf, der die Pupille gleichmäßig verkleinerte, einzustellen.

2422 Die Regenbogenhaut der Säugethiere beantwortet ebenfalls mechanische oder galvanische Reize. Bedient man sich des elektrischen Stromes, so kann man sich mit Erfolg an die Nerven oder an die Regenbogenhaut

---

[1]) E. H. Weber, Tractatus de motu iridis. Lipsiae, 1821. 4. J. E. König, De organis motum iridis perficientibus. Lipsiae, 1842. 4.

[2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 31. 32.

selbst wenden. Die mechanischen Reize versagen häufig in frisch getödteten Thieren, seltener dagegen in lebenden Menschen, Hunden oder Kaninchen (§. 2429.). Es gelingt bisweilen in dem ersteren Falle, daß die Regenbogenhaut ihren Zustand plötzlich oder wenigstens rascher ändert. Galvanische Reize pflegen langsamer einzuwirken. Man bemerkt erst meist den Eingriff nach einiger Zeit und erschließt ihn aus der wechselnden Größe des Sehloches. Die einzelnen Acte der Verkürzung der Regenbogenhaut entgehen aber dem freien Auge.

Manche Nebenumstände erschweren noch die Beobachtungen, die man 2423
an der Iris der Säugethiere anstellt. Die Pupille ändert sich häufig nach dem Tode von selbst. Diese Erscheinung kann in dem einen Auge vorkommen und in dem zweiten des gleichen Geschöpfes fehlen. Schneidet man den Augapfel heraus, so verkleinert sich oft das Sehloch plötzlich. Starke Schläge des Magnetelektromotors sind häufig nicht im Stande diesen Zustand zu ändern.

Drückt man den Stamm des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, 2424
den Augenknoten oder die Ciliarnerven, so verengt sich bisweilen das Sehloch in demselben Augenblicke oder wenigstens innerhalb einer verhältnißmäßig kurzen Zeit. Radclyffe Hall[1]) sah sogar, daß sich die auf diese Weise verkleinerte und elliptisch gewordene Pupille einer jungen Katze, so wie die mechanische Einwirkung nachließ, von Neuem auf der Stelle erweiterte. Ich erinnere mich ebenfalls das Gleiche beobachtet zu haben. Dieses Resultat kommt jedoch nur in selteneren Fällen zum Vorschein.

Ließ Weber[2]) den Strom der Rotationsmaschine auf die Augen von 2425
Kaninchen, Katzen und Hunden wirken, so verengerte sich zuerst das Sehloch einen Augenblick. Es erweiterte sich aber später und verharrte längere Zeit in diesem Zustande. Die Pupille der Vögel dagegen bleibt unter diesen Verhältnissen verkleinert.

Tropft man eine Lösung von Bilsenkraut- oder Tollkirschenextract in 2426
das Auge eines Menschen oder eines Säugethieres, so findet man, daß sich das Sehloch einige Zeit später erweitert hat. Die Regenbogenhaut kann dann in günstigen Fällen einen sehr schmalen, kaum bemerkbaren Saum bilden. Diese Veränderung hält in der Regel lange an und schwindet später allmählig von selbst.

Beobachtet man das Sehloch von Leichen, so ergiebt sich, daß nicht 2427
selten seine Größe innerhalb bedeutender Grenzen schwankt. Wir finden es häufig einige Zeit nach dem Tode verengt und in der Folge wiederum erweitert. Es kommt hierbei vor, daß es elliptische oder andere ungewöhnliche Gestalten annimmt. Künftige Erfahrungen werden entscheiden müssen, welche Rollen hierbei den Reizbarkeitserscheinungen und welche der Todtenstarre zukommen.

Die anatomischen und die physiologischen Verhältnisse stimmen, wie 2428
man sieht, darin überein, daß der Gestaltwechsel der Regenbogenhaut nicht

---

[1]) Radclyffe Hall, in the Edinburgh Medical and Surgical Journal. April. 1846. 8. pag. 364.
[2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 33.

bloß von Muskelkräften ausgeht, sondern daß sich auch hier die Unterschiede der einfachen und der gestreiften Fasern deutlich kundgeben. Verhält sich aber auch die Iris des Menschen und der Säugethiere wie ein glatter Muskel, so dürfen wir nicht übersehen, daß ihre Lebensverhältnisse manche Eigenthümlichkeiten darbieten.

2429 Man vermißt alle Erscheinungen, die als entschiedene wurmförmige Bewegung gedeutet werden könnten. Mechanische Reize wirken nach dem Tode kräftiger, wenn sie die Nerven treffen. Der Einfluß des Lichtes ändert die Iris des Lebenden im Augenblicke. Man kann die Pupille plötzlich zur Verengerung bringen, wenn man sie mit der Staarnadel in lebenden Menschen oder Säugethieren oder unmittelbar nach dem Tode berührt. Die Reizbarkeit schwindet in sehr ungleichen Maaße. Die Regenbogenhaut selbst verhält sich überhaupt, wo möglich, noch launenhafter, als die einfachen Muskelhäute der größeren Unterleibseingeweide.

2430 Ausführungsgänge der absondernden Drüsen. — Der Gallengang (Bd. I. §. 1530.), der Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse (§. 1516.), der Harnleiter (§. 1558.) und der Samengang ziehen sich in einzelnen Leichen von Säugethieren wurmförmig zusammen, sobald ihre Massen oder die zu ihnen verlaufenden Nerven getroffen werden. Es hängt aber von den Nebenverhältnissen ab, ob man diese Bewegungen häufiger oder seltener beobachtet, ob sie mit größerer oder geringerer Lebhaftigkeit zum Vorschein kommen.

2431 Nehme ich den Samenleiter aus, so bot mir kein Ausführungsgang einer Drüse so lebhafte und rasch dahin eilende Wellenbewegungen als der Harnleiter des Pferdes und des Kaninchens dar. Die Reizung des Bauchtheiles des sympathischen Nerven hatte diese lebhafte Wirkung zur Folge [1]). Sprach ihn Ludwig [2]) in dem Meerschweinchen und dem Hunde örtlich an, so gelangte er zu ähnlichen Ergebnissen. Weber [3]) dagegen bemerkte nur so träge Lebensäußerungen, daß er sie denen der Gallenblase gleichstellt.

2432 Die Versuche, die man über die Reizbarkeit des Gallenganges macht, mißlingen in den meisten Fällen. Der örtliche Anspruch führt noch im Ganzen häufiger zu Verkürzungserscheinungen, als der der Nerven. Ich bemerkte jedoch einmal eine langsam nach dem Zwölffingerdarm fortschreitende Muskelbewegung, wenn ich die Magengeflechte des Pferdes reizte. Hatte Budge [4]) den linken gestreiften Körper einer Katze angesprochen, so sah er, wie sich der Gallengang eine halbe Minute auf- und abbewegte.

2433 Absonderungsbehälter. — Wir haben schon früher (Bd. I. §. 1560 fgg.) die Bewegungen der Harnblase, wie sie in den lebenden Thieren zu Stande kommen, ausführlich betrachtet. Man kann auch die

---

[1]) De functionibus nervorum. pag. 64.
[2]) Ludwig, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. S. 639. 640.
[3]) Ed. Weber, a. a. O. S. 39.
[4]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt a. M., 1842. 8. S. 35.

Verkürzung dieses Theiles in frisch getödteten Geschöpfen mit Leichtigkeit beobachten. Sie zieht sich hier häufig einige Zeit nach dem Tode von selbst zusammen, entleert einen großen Theil ihres Inhaltes und verwandelt sich in einen kleinen, zusammengeballten und festeren Körper. Künstliche Reize können dasselbe bewirken. Die Blase verkleinert sich hierbei nicht selten gleichförmig. Man bemerkt aber auch häufig, daß die Verkürzung von einer Stelle ausgeht und sich allgemeiner verbreitet oder daß sich eine wühlende Bewegung, die an die Peristaltik erinnert, an den Wänden des Behälters dahinzieht.

Die Gallenblase bietet keine so lebhafte Veränderungen dar. Lassen 2434
sich auch ihre einfachen Muskelfasern, z. B. im Rinde, unter dem Mikroskope entschieden nachweisen, so antworten sie doch nur in einzelnen außergewöhnlichen Fällen. So oft ich auch die Gallenblase des Frosches mechanisch oder mit dem Magnetelektromotor reizte, so gelang es mir doch nie, irgend sichere Wirkungen zu erreichen. Die Beobachtungen mißlingen auch sehr häufig in den Säugethieren. Bestrich Weber[1]) die Gallenblase von Hunden und Katzen mit den Leitungsdräthen des Rotationsapparates zu wiederholten Malen der Quere nach, so bildete sich eine tiefe Einschnürung. Es kam mir einmal in einem Kaninchen vor, daß ich einen entscheidenden Erfolg erreichte. Ich fand die Gallenblase des Thieres vollkommen entleert. Sie bildete einen schmalen zusammengefallenen und abgeplatteten Schlauch. Legte ich nun die Dräthe des Magnetelektromotors an beide Enden derselben, so nahm das Ganze eine cylindrische Form an. Es erzeugten sich bald mehrere Einschnürungen, die sich auf verschiedene Längenabstände vertheilten. Der unmittelbar darauf geprüfte Gallengang blieb vollkommen ruhig.

Luftröhre und Lungen. — Der drüsigte Bau der Athmungs- 2435
werkzeuge (Bd. I. §. 1204.) läßt schon erwarten, daß auch hier Verkürzungserscheinungen an den größeren Luftgängen auftreten werden. Die mikroskopische Beobachtung lehrt überdieß, daß einfache glatte Fasern in den Wandungen der Luftröhre und der Bronchialverzweigungen vorkommen.

Betrachtete ich die Luftröhrenringe eines eben getödteten Kaninchens 2436
mit dem Vergrößerungsglase, so glaubte ich wahrzunehmen, daß sie einander entgegenrückten, wenn ein Gehilfe den Halstheil des herumschweifenden Nerven gereizt hatte[2]). Derselbe Versuch gelang mir nicht am Pferde. Longet[3]) bemerkte dagegen, daß die galvanische Reizung des herumschweifenden Nerven größerer Haussäugethiere eine Verkürzung der Luftröhrenverzweigungen zur Folge hatte. Der hierbei herausgetriebene Luftstrom kann sogar nach Volkmann[4]) eine Lichtflamme ausblasen.

Der schärfste Beweis rührt von Williams[5]) her. Dieser Forscher 2437

---

[1]) Ed. Weber, a. a. O. Seite 39.
[2]) De functionibus nervorum. pag. 50.
[3]) Longet, in l'Institut. 1842. Nro. 354. p. 315.
[4]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. S. 586.
[5]) Williams, in dem Report on the tinth Meeting of the British Association for the Advancement of Science. London, 1841. 8. p. 411 — 421.

nahm die Lungen frisch getödteter Hunde aus dem Brustkasten heraus, brachte einen mit Wasser gefüllten Blutkraftmesser (Bd. I. §. 990.) in die Luftröhre und leitete einen starken galvanischen Strom durch die Athmungswerkzeuge. Der Flüssigkeitsspiegel der eingefügten Maaßvorrichtung schwankte dann bisweilen um 3 Centimeter. Die Reizbarkeit verging oft unmittelbar nach dem Tode. Sie kehrte jedoch später wieder und erhielt sich dann noch eine Stunde lang. Wiederholte man aber die Reizung zu häufig, so erschöpfte sich die Empfänglichkeit binnen Kurzem. Hat das Thier einen Schlag auf das Hinterhaupt erhalten, ist es an Verblutung zu Grunde gegangen oder mit Stechapfel oder Tollkirsche vergiftet worden, so soll meist die lebendige Verkürzung der Lungen nach Williams auf der Stelle zu Grunde gehen. Führte eine Vergiftung mit Coniin oder Morphin den Tod herbei, so werde sie bedeutend geschwächt. Blausäure dagegen schade hier nicht. Man erhält übrigens kräftigere Wirkungen, wenn man die Lungen selbst, als wenn man den herumschweifenden Nerven anspricht.

2438 Dartos des Hodensackes. — Drückt man eine Hautstelle des Hodensackes zusammen, so bemerkt man bald darauf eine Reihe von wühlenden Bewegungen, die an die Peristaltik des Darmes erinnern. Die Wellen verbreiten sich in einer bestimmten Richtung mit mäßiger Geschwindigkeit, gehen dann bisweilen wieder zurück und beginnen oft an der gereizten Stelle von Neuem. Schwächere Regungen können selbst ohne äußere Veranlassung zu Stande kommen [1]).

2439 Die Kälte verkleinert und runzelt den Hodensack, die Wärme erschlafft ihn dagegen eher. Der Galvanismus blieb wenigstens in Jordan's [2]) Versuchen erfolglos.

2440 Man hat diese Erscheinungen dem Zellgewebe, das in der Dartos vorkommt, zugeschrieben. Sie und die Verhältnisse der Regenbogenhaut der Säugethiere bilden die Hauptgrundlagen der Lehre von dem contractilen Zellgewebe. Die mikroskopischen Untersuchungen und selbst das freie Auge können aber hier einfache Muskelfasern, von denen wahrscheinlich die Wirkung ausgeht, nachweisen [3]). Künftige Erfahrungen müssen noch bestimmen, ob nicht auch Spuren eines Zurückziehers des männlichen Gliedes (§. 2320.) in dem Menschen vorkommen.

2441 Lederhaut. — Viele Säugethiere besitzen einen eigenen Hautmuskel, der aus quergestreiften Fasern besteht. Der breite Halsmuskel (Platysma-myoides) des Menschen bildet einen örtlich beschränkten Ueberrest desselben.

2442 Die Lederhaut selbst verräth in manchen Fällen ein nicht unbedeutendes Verkürzungsvermögen. Einzelne Wundärzte geben an, daß sich die Haut stärker zurückzieht, wenn man das Glied eines lebenden Menschen, als wenn man das einer Leiche absetzt. Diese Erscheinung braucht nicht mit den lebendigen Bewegungen der Lederhautgewebe zusammenzuhängen. Die

---

[1]) Van Hasselt, in der Berliner allgemeinen medicinischen Centralzeitung. 1844. 4. Seite 354. 355.

[2]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. Bd. II. Coblenz, 1837. 8. S. 27.

[3]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. S. 787. Koelliker, a. a. O. S. 26.

elastischen Eigenschaften derselben können sich nach dem Tode eben so gut ändern, als in den rothen Muskeln (vgl. Bd. I. §. 77.).

Die Verhältnisse der Gänsehaut führen zu entscheidenderen Belegen. 2443
Das Tastgefühl verräth hier, daß die Oberfläche der Haut unebener, gleichsam warziger geworden ist. Das Streuben der Haare, das nicht selten in Folge von Schreck oder von anderen Gemüthsbewegungen, durch Kälte und vorzüglich unter dem Einflusse der Elektricität (Bd. I. §. 361.) zu Stande kommt, kann ebenfalls die selbstständige Lebensthätigkeit jener Gebilde nachweisen. Es giebt Verhältnisse, unter denen sich die Brustwarze des Mannes sowohl als der Frau aufzurichten vermag. Mechanische Reize wirken hier sehr leicht ein. Koelliker[1]) fand auch einfache Muskelfasern in der Brustwarze, dem Warzenhofe und in der Umgebung des oberen Theiles der Haarbälge und der Talgdrüsen.

Blutgefäße. — Die Betrachtung des Kreislaufes führte uns schon 2444
zu der Ueberzeugung, daß die Röhren, in denen das Blut fortgetrieben wird, ihre Durchmesser selbstständig ändern können. Der Rauminhalt der Haargefäße wechselt oft im Leben in wenigen Augenblicken. Diese Erscheinung geht von nervösen oder von örtlichen Anregungen aus. Platte mit Kernen versehene Fasergebilde lassen sich auch in den Capillarwänden mit Sicherheit wahrnehmen.

Die Untersuchungen, die man aus ausgeschnittenen Theilen anstellt, 2445
führen zu keinen so entscheidenden Thatsachen. Brachte ich Abschnitte der Lungen oder der Schwimmhaut des Frosches unter das Mikroskop und ließ den Strom des Magnetelektromotors durchgehen, so konnte ich keine sicheren Ergebnisse erhalten. Wiederholte ich den Versuch an feinen, mit dem Doppelmesser bereiteten Durchschnitten der Froschnieren, so blieben auch die kleinen arteriellen Knäuelröhren der Malpighischen Körper (Bd. I. §. 1557.) unverändert. Die Blutkörperchen schwankten zwar bisweilen. Es war aber unmöglich, irgend einen Durchmesserwechsel der Gefäßwände mit Sicherheit zu beobachten. E. H. und Ed. Weber[2]) fanden dasselbe, als sie die feineren Gefäße des Gekröses des Frosches mit der Rotationsmaschine prüften. Es versteht sich aber von selbst, daß Capillaren, deren Blut ausfließt und deren Inhalt auf diese Weise abnimmt, ihrer Nachgiebigkeit wegen schmaler werden.

Der Wechsel des Durchmessers der Capillaren muß daher gewisse 2446
Bedingungen, die bis jetzt noch gänzlich unbekannt sind, als wesentliche Glieder ihrer Thätigkeit voraussetzen. Die Schaamröthe, die Bläße der Haut, die den Aerger begleitet, lehren am Deutlichsten, daß hier sehr entfernte Nervengebilde in kurzer Zeit einwirken können.

Wir haben schon früher (Bd. I. §. 1038.) gesehen, daß sich oft die 2447
größeren Schlagaderstämme getödteter Thiere bis zum Verschwinden ihres Hohlraumes verengern. Diese Erscheinung läßt sich im Ganzen eher mit

---

[1]) Koelliker, a. a. O. S. 25. 26.
[2]) E. H. und Ed. Weber, in dem Berichte über die Verhandlungen der k. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Leipzig, 1847. 8. S. 93.

den Verhältnissen der Todtenstarre als mit denen der lebendigen Verkürzung vergleichen. Man kann wenigstens nicht unzweifelhaft beweisen, daß die ihr zum Grunde liegenden Ursachen in allen Punkten mit denen, welche die früheren Lebensäußerungen verriethen, zusammenfallen. Legt man eine Schlagader in einem lebenden Säugethiere bloß, so bleibt sie meist unverändert. Es kann jedoch auch vorkommen, daß ihre Breite allmählig abnimmt. Die Kopfblutader verkleinert bisweilen ebenfalls ihren Durchmesser in solchen Fällen.

2448 Die Versuche, die man an den Hauptstämmen der Schlag- und der Blutadern frisch getödteter Säugethiere anstellt, bleiben in der Regel erfolglos. Ist aber auch dieses nicht der Fall, so gelangt man doch nicht immer zu ganz entscheidenden Ergebnissen. Ich glaubte einige Male zu bemerken, daß sich die Aorta des Pferdes langsam verengerte, wenn ich die Brusttheile des sympathischen Nerven reizte. Sprach ich die Bauchknoten an, so verschmälerte sich nach und nach die untere Hohlvene in einem Falle und zwar, wie es schien, kräftiger, als die Aorta.

2449 Die Gefäße von mittlerer Größe eigenen sich am Besten, um Reizversuche anzustellen. Die Schlagadern des Gekröses des Frosches verengern sich unter dem Einflusse des kalten Wassers (Bd. I. §. 1036.). Ließen E. H. und Ed. Weber [1]) die Rotationsmaschine auf Gefäße der Art, deren Durchmesser $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{8}$ Millimeter glich, 5 bis 10 Secunden lang wirken, so verkleinerte sich ihr Durchmesser um $\frac{1}{3}$, bevor eine Minute verstrichen war. Setzte man die Reizung länger fort, so nahm auch die Verengerung immer mehr zu, bis endlich der Blutstrom gänzlich unterbrochen wurde. Griff der elektrische Strom in mäßigem Grade ein, so behielt auch die Schlagader ihre frühere Thätigkeitsart bei. War aber dieses nicht der Fall, so zog sie sich nicht mehr bei wiederholter Reizung zusammen, sondern erweiterte sich bis auf das Doppelte des ursprünglichen Durchmessers. Der gereizte Theil bildete so eine Art von Pulsadergeschwulst, dessen Endstücke etwas enger, als früher, erschienen. Die Venen unterlagen ähnlichen Veränderungen. Diese griffen jedoch weniger durch und ließen sich auch nicht in allen Fällen mit Sicherheit wahrnehmen. Die magnetelektrische Reizung bewirkt überdieß noch, daß die festen Körperchen des Blutes an den Wänden leichter kleben bleiben. Der Kreislauf kann auf diese Weise nach und nach in Unordnung gerathen und vorzüglich in den Haargefäßen zu stocken beginnen.

2450 Saugadern. — Die Betrachtung der Einsaugung führte uns schon zu dem Schlusse, daß die Wände der Lymphgefäße ein selbstständiges Verkürzungsvermögen besitzen. Die Versuche aber, die man hierüber an frisch getödteten Thieren anstellt, stoßen auf dieselben Schwierigkeiten, welche die Blutgefäße darbieten.

2451 Man kann häufig die Bemerkung machen, daß die Milchgefäße des Gekröses, wenn sie unmittelbar nach dem letzten Athemzuge strotzend gefüllt waren, einige Zeit später ihren Inhalt verloren und ihre Durchmesser

[1]) E. H. und Ed. Weber, a. a. O. S. 92. 95.

in hohem Grade verkleinert haben. Diese Erfahrung beweist aber hier eben so wenig, als die Verengerung der Blutgefäße, aus denen Blut ausgeflossen (§. 2445.), oder das Schwinden der Hohlräume der größeren Schlagadern (§. 2447.).

Galvanisirte Joh. Müller[1]) den Milchbrustgang einer Ziege, so 2452
stellte sich im Anfange keine Veränderung ein. Eine unbedeutende Einschnürung kam aber später zu Stande. Legte ich in einem lebenden Pferde einen großen Saugaderstamm zwischen der Luftröhre und der Halsschlagader bloß, so nahm sein Durchmesser in wenigen Minuten auffallend ab. Mechanische Reize und der Gebrauch des kalten Wassers führten zu keinen merklichen Verkürzungserscheinungen. Berührte ich aber das Gefäß mit einer mäßig starken Lösung von kaustischem Kali, so verwandelte es sich sogleich in einen dünnen Faden. Rauchende Salzsäure wirkte in einem zweiten Versuche in ähnlicher Weise. Der Inhalt gerann aber hier zugleich zu einem weißen Rahme[2]).

Sehnen, Zellgewebe und verwandte Gebilde. — Die me- 2453
chanischen Bestimmungen der Sehnen, der Bänder und der Bandscheiben fordern es, daß diese Theile wie feste Stricke thätig sind. Hätten sie das Vermögen besessen, sich rasch zu verkürzen, so würde diese Fähigkeit zu mancher Unsicherheit ihrer Wirkung geführt haben. Das nachgiebige Zellgewebe bedurfte ebenfalls nicht eines besonderen augenblicklich wechselnden Verkürzungsvermögens.

Die Ernährungsverhältnisse können hier manche Veränderungen, die 2454
häufig wahren Reizbarkeitserscheinungen gleichgestellt wurden, einleiten. Wir finden z. B., daß die Sehnen, die Bänder und die Aponeurosen verkrümmter oder unvollkommen ausgebildeter Körpertheile in übermäßigem Grade verkürzt sind. Die bloße Durchschneidung der Muskeln macht es nicht immer möglich, die Theile in ihre natürliche Lage zurückzuführen. Die Trennung der Aponeurosen muß diese Bemühungen vervollständigen. Es ist noch nicht bekannt, in wiefern sich die Molecularverhältnisse der Fadencylinder in diesen krankhaften Ernährungszuständen verändert haben.

II. Allgemeine Mechanik der Bewegungswerkzeuge.

Active und passive Bewegungsorgane. — Zieht sich ein 2455
Muskel zusammen, so kann er auf seine Nachbarschaft in doppelter Weise wirken. Sind nicht mit ihm die Körper, die seine Veränderung betheiligt, unmittelbar oder mittelbar verwachsen, so bemüht er sich, sie von ihrem Orte mittelst seines Druckes zu entfernen. Das Rohr des Nahrungscanales sucht auf diese Weise seinen Inhalt fortzuschieben. Die Schließmuskeln beseitigen die Lücke, die früher eine Oeffnung frei ließ. Ist dagegen der Muskel an einem beweglichen Theil angewachsen, so zieht diesen die Verkürzung fort. Die Knochen folgen auf diese Weise dem Antriebe, den ihnen die Muskelmasse mittheilt.

[1]) Joh. Müller, a. a. O. S. 220.
[2]) Repertorium. Band II. Seite 244.

2456 Ein und derselbe Muskel kann beiderlei Wirkungen zugleich ausüben. Die Verkürzung des Schläfenmuskels z. B. hebt die untere Kinnlade. Der Bissen, der zwischen den Zähnen liegt, wird auf diese Art gedrückt und verdrängt.

2457 Der Theil, dessen lebendige Verkürzung die Veränderung einleitet, heißt das active, und der, welcher ihr gehorcht, das passive Bewegungswerkzeug. Die Untersuchung der Reizbarkeitserscheinungen ergab uns, daß sich gestreifte oder einfache Muskelfasern in allen Gebilden, die zu jener ersteren Klasse gehören, nachweisen lassen. Die Sehnen, die Bänder, die Knochen, die Knorpel und die Haut sind die vorzüglichsten passiven Bewegungswerkzeuge unseres Körpers. Sollen sie die ihnen mitgetheilten Befehle pünktlich vollführen, so darf keine selbstständige Regung ihre Wirkung stören (§. 2454.). Sie müssen vielmehr noch den nöthigen Grad von Festigkeit oder Spannung besitzen, um die ihnen mitgetheilten Kräfte auszuhalten und sie ungeschwächt aufzunehmen oder zu übertragen. Die Bewegungen leiden daher, so wie die Knochen erweichen oder die Bänder erschlaffen.

2458 Passive Bewegungswerkzeuge. — Da alle stärkeren Kraftwirkungen festere Hebel voraussetzen, so bildet auch das Skelett die vorzüglichste Grundlage, auf welche die meisten rothen Muskeln unserer Körper die Einflüsse ihrer Veränderungen übertragen. Sie heften sich an die Knochen oder vielmehr an die Beinhaut derselben unmittelbar an oder sie gebrauchen die Sehnen und ähnliche straffe Gewebe als Zwischenmittel ihrer Thätigkeit.

2459 Andere harte oder gespannte Theile können die Knochen ersetzen. Eine große Reihe von Muskeln ist seinem Verlaufe nach genöthigt, Knorpel oder straffe Faserbänder zu ihren Ansätzen zu benutzen. Viele Muskeln des Zungenbeines und des Kehlkopfes [1]), des Rippenkorbes [2]) und der Bauchdecken [3]) verbinden sich mit knorpeligen Massen. Die Sehne der langen Abtheilung des zweiköpfigen Armmuskels geht durch das Schultergelenk, um die Gelenkfläche des Schulterblattes und die hier vorhandene Knorpellippe aufzusuchen.

2460 Verläuft ein Theil der Muskelfasern zu straffen Bändern, so können diese die Knochen am Leichtesten ersetzen. Die meisten Nacken- und Rückenmuskeln bedienen sich auf diese Weise der benachbarten Bandmassen und Häute. Fasern des Kappenmuskels treten an das unvollkommene Nackenband des Menschen. Das Ringband der Speiche [4]), der Schenkelbogen [5]), das untere Hüft-Lendenband [6]) und das Ferse-Würfelband [7]) dienen zu ähnlichen Zwecken.

---

[1]) Sternohyoideus, Sternothyreoideus, Hyothyreoideus, Thyreoarytaenoideus, Cricothyreoideus, Cricoarytaenoideus lateralis u. posticus, Arytaenoideus transversus, Reflector epiglottidis.

[2]) Pectoralis major, Pectoralis minor, Subclavius, Intercostales externi und interni, Triangularis sterni u. s. w., Diaphragma.

[3]) Obliquus abdominis internus, Transversus abdominis, Rectus abdominis.

[4]) Supinator brevis u. Extensor carpi radialis brevis.

[5]) Transversus abdominis. [6]) Iliacus internus.

[7]) Flexor hallucis brevis u. Adductor hallucis.

Manche Muskeln der Gliedmaaßen entspringen von sehnigten Häuten, 2461
die zwischen den Knochen wie in Rahmen ausgespannt sind. Hierher gehören die Zwischenknochenbänder des Vorderarmes [1]) und des Unterschenkels [2]), so wie die Haut des Hüftbeinloches [3]). Dünnere Faserhäute, die nur einer gewissen Anspannung oder Befestigung fähig sind, können ebenfalls als Ausgangspunkte mittelstarker Muskeln auftreten. Die Zwischenmuskelbänder des Armes [4]) und die Beckenfascie [5]) mögen hierfür als Belege dienen.

Die Binden und Bandmassen, welche größere Muskelgruppen einhül- 2462
len, liefern nicht selten Ausgangs- oder Endstellen von Muskelwirkungen. Einzelne Muskeln entspringen von der Ellenbogenbinde [6]), den Bändern und Aponeurosen der Handwurzel [7]) oder der Oberschenkelbinde [8]). Manche Fascien, wie die Binde des Oberarmes [9]), des Oberschenkels [10]) und der Handwurzel nebst dem eigenthümlichen Handwurzelbande [11]) nehmen die Ausläufer von Muskeln oder Sehnen auf. Es werden hierdurch in der Regel nicht sowohl die ohnedieß straffen Binden stärker angespannt, als die Theile, die sie fest umschließen, zu Gesammtbewegungen geführt. Der Vorderarm oder die Hand können so eher gebogen und der Oberschenkel angezogen oder gedreht werden.

Größere und dünnere Häute, welche, wie die weiße Linie der Bauch- 2463
decken [12]) viele sehnigte und elastische Fasern enthalten, liefern auch noch beweglichere Angriffspunkte, so lange sie nicht beiderseitig oder auf andere Weise angespannt werden.

Die größeren Muskeln pflegen ihre Hauptwirkungen auf die festesten 2464
Gebilde des Körpers, die Knochen, überzutragen. Sie verbinden sich mit ihnen unmittelbar oder durch sehnigte Zwischenglieder. Die Muskeln von mittlerem und selbst von kleinstem Umfange [13]) haben ebenfalls oft Sehnen an einem oder selbst an beiden Enden.

Erreichen sie keine bedeutende Dicke, so beschränken sich häufig nur 2465
ihre Wirkungen auf Knorpel, Faserknorpel oder selbst auf bloße aus Fadencylindern bestehende Häute. Die Muskelmassen, die sich an den Faserknorpel des oberen Augenlides [14]), an die verschiedenen Nasenknorpel [15]), die

[1]) Flexor digitorum communis profundus, Extensor pollicis brevis, Extensor indicis proprius und zum Theil der Abductor pollicis longus.
[2]) Tibialis anticus, Extensor digitorum pedis communis longus, Extensor hallucis longus, Tibialis posticus, Flexor communis digitorum pedis longus.
[3]) Obturator internus und zum Theil der Obturator externus.
[4]) Fasern des Coracobrachialis, Brachialis internus, Supinator longus, Extensor carpi radialis longus.
[5]) Levator ani.
[6]) Extensor carpi radialis brevis, Extensor communis digitorum manus.
[7]) Abductor pollicis brevis, Flexor brevis und Opponens digiti minimi.
[8]) Glutaeus maximus.
[9]) Ein Theil der Sehne des kurzen Kopfes des Biceps brachii.
[10]) Tensor fasciae latae, Sartorius.
[11]) Palmaris longus.
[12]) Obliqui, Transversus und zum Theil Pyramidalis abdominis.
[13]) Tensor tympani und Stapedius.
[14]) Levator palpebrae superioris.
[15]) Levator labii superioris alaeque nasi, Compressor nasi, Depressor septi narium mobilis, Orbicularis oris.

Ohrmuschel [1]) und den Kehlkopf anfügen, liefern vielfache Beispiele, wie selbst kleinere Knorpel von besonderen Verkürzungsgebilden beherrscht werden. Diejenigen, die sich mit der Kopfhaube [2]), dem inneren Augenlidbande und der hier befindlichen Commissur [3]), der harten Augenhaut [4]), der Haut des Gesichtes [5]), des Halses [6]), des Dammes [7]) und der Hohlhand [8]), der Nachbarschaft der Schleimhäute der Zunge [9]), des weichen Gaumens [10]) und des Schlundes [11]), den Gelenkkapseln des Ellenbogens [12]) und des Kniees [13]), der Scheidenhaut des Hodens und des Samenstranges [14]) und der Umhüllung der Schilddrüse [15]) verbinden, lehren, daß die verschiedensten Weichgebilde der Herrschaft besonderer Verkürzungsorgane unterworfen werden.

2466 Wir haben früher (§. 2462.) gesehen, daß einzelne Muskelscheiden als Ursprungs- oder Anheftungsstellen von Muskeln gebraucht werden. Es kommt häufig vor, daß mehrere Muskeln eine Sehne gemeinschaftlich benutzen. Es kann aber auch eine Muskelmasse von der Sehne eines anderen Muskels ausgehen und sich so auf sie, wenn sie hinreichende Sicherheit gewährt, stützen. Die Spuhlwurmmuskeln der Hand stehen in diesem Verhältnisse zu dem gemeinschaftlichen tiefen Finger- und die des Fußes zu dem langen allgemeinen Zehenbeuger.

2467 Manche quergestreifte Muskeln sollen nicht sowohl Hebel, mit denen sie in Verbindung stehen, fortziehen, als Hohlräume zusammendrücken oder Oeffnungen schließen. Hierher gehören das Herz, die Verkürzungsgebilde des Schlundes und der Speiseröhre, manche Muskeln der männlichen [16]) und der weiblichen Geschlechtswerkzeuge [17]) und die Schließmuskeln, die dem Auge, dem Munde und dem After dienen [18]).

2468 Diese Bestimmung, die nur einzelnen rothen Muskeln zukommt, bildet die Regel für die aus einfachen Fasern bestehenden Bewegungsmassen. Der lange Abschnitt des Nahrungscanals, der sich von dem Magen bis zum After erstreckt, die Gallen- und die Harnblase, die Ausführungsgänge der Drüsen stellen auf diese Weise Röhren dar, in denen jeder Punkt ihrer Höhlung von den herumgehenden einfachen Muskelfasern verengt zu

---

[1]) Adtollens, Adtrahens und Retrahentes auriculae, Major und Minor helicis, Tragicus, Antitragicus, Transversus auriculae, Dilatator conchae.
[2]) Frontalis, Occipitalis, Adtollens auriculae.
[3]) Orbicularis oculi, Tensor tarsi.
[4]) Recti und Obliqui oculi.
[5]) Corrugator supercilii, Levator labii superioris alaeque nasi, Compressor und Pyramidalis nasi, Depressor septi narium mobilis, Orbicularis oris, Levator labii superioris proprius, Zygomaticus major und minor, Levator und Depressor anguli oris, Risorius Santorini, Quadratus, Levator und Transversalis menti, Incisivi Cowperi und Buccinator.
[6]) Platysmamyoides. [7]) Sphincter ani externus. [8]) Palmaris brevis.
[9]) Lingualis und mittelbar Hyoglossus, Genioglossus und Styloglossus.
[10]) Levator und Circumflexus palati mollis, Glosso- und Pterygopalatinus.
[11]) Stylopharyngeus und zum Theil Buccinator. [12]) Subanconaeus.
[13]) Subcruralis. [14]) Cremaster. [15]) Thyreoideus.
[16]) Bulbocavernosus, Ischiocavernosus, Constrictor urethrae membranaceae.
[17]) Constrictor cunni.
[18]) Orbicularis palpebrarum, Orbicularis oris und Sphincter ani externus.

werden vermag. Die Regenbogenhaut verhält sich wie ein häutiger Schließmuskel. Ein Verlauf, wie ihn die meisten quergestreiften Fasern zeigen, gehört hier zu den Seltenheiten. Nur der Zurückzieher des männlichen Gliedes des Pferdes (§. 2320.) gestattet in dieser Hinsicht eine vollkommenere Vergleichung.

Knorpel und Knochen. — Sie übernehmen zweierlei Hauptrollen. Sie dienen als Behälter, die weichere und edlere Werkzeuge beschützen und liefern die Ausgangs- und die Endpunkte, welche die kräftigeren Muskelwirkungen nöthig haben. 2469

Die Knochenkapsel des Schädels bewahrt das Gehirn, und das hohle Stativ der Wirbelkörper das Rückenmark vor äußeren nachtheiligen Einflüssen. Haben wir hier fast vollständig geschlossene Knochenbehälter, so liefern der Brustkorb und die Beckenhöhle Beispiele lückenhafterer Schutzgebilde, die noch der Nebenhilfe ausgedehnterer Weichtheile bedürfen. Die Brust kann sich überdieß in ihren einzelnen Stücken verschieben und die Wirbelsäule biegen, während der Schädel und das Becken ihre einmal gegebenen Formen hartnäckiger behaupten. 2470

Der größte Theil der Muskeln entspringt von der Beinhaut, welche die Knochen unverrückbar umgiebt, und fügt sich wieder mittelbar oder unmittelbar an andere Skelettgebilde. Der einfachste Fall besteht darin, daß das Knochenstück, von dem der Muskel ausgeht, seine einmal angenommene Stellung für alle Zeiten beibehält. Es kann daher nur der Ort des Theiles, der angegriffen wird, wechseln. Der Heber des obern Augenlides, die geraden und schiefen Augenmuskeln, die meisten Gesichtsmuskeln können uns dieses Verhältniß versinnlichen. 2471

Hätte sich die Natur an diese Einrichtungsweise überall gehalten, so hätte sie einen großen Theil der Vielseitigkeit und des möglichen Wechsels der Muskelwirkungen aufgeben müssen. Sie wählte daher meist eine schwankendere Grundlage, um ein höheres Ziel mittelst einer freilich kunstvolleren Anordnung zu erreichen. 2472

Die meisten Skeletttheile, von denen Muskelwirkungen ausgehen, die also deshalb als feste Punkte dienen müssen, sind selbst beweglich. Sie müssen daher erst in einem bestimmten Grade festgestellt werden, damit die Muskeln einen Stützpunkt zu erhalten im Stande seien. Das Schulterblatt verrückt sich in mannigfacher Weise. Soll nun der Armheber (Deltoideus) den Arm mit voller Gewalt nach außen hin in die Höhe führen, so muß vorher das Schulterblatt durch eine gewisse Menge seiner Muskeln (Levator scapulae, Rhomboideus, Trapezius und zum Theil Scaleni) festgestellt sein. Diese vorbereitenden Gebilde können aber selbst nur ihre ganze Kraft entwickeln, wenn sie ihre hinreichend starken Ausgangspunkte an der Wirbelsäule finden. Diese muß daher durch ihre Verkürzungsgebilde (Splenius, Transversus colli, Sacrolumbaris, Longissimus dorsi, Spinalis, Semispinalis cervicis und dorsi, Interspinales, Multifidi spinae) in einer bestimmten Lage erhalten werden. 2473

Da auf solche Weise der Befestigungsgrad von der Thätigkeit verkürzbarer Massen abhängt, so kann er sich auch nach Bedürfniß erhöhen 2474

und erniedrigen. Der Theil selbst, der als Ausgangspunkt dient, vermag überdieß verschiedene Stellungen dauernd zu bewahren. Die ganze Einrichtung gewinnt also einen hohen Grad von Selbstständigkeit.

2475 Die Labilität derselben bietet noch einen zweiten Vortheil dar. Der obere gerade Augenmuskel ist nur im Stande, auf den Augapfel zu wirken. Die Knochenwand der Augenhöhle dagegen zieht aus ihm, ihrer festen Lage wegen, keinen Nutzen. Entspringt dagegen der Unterschulterblattmuskel von der Vorderfläche des Schulterblattes und setzt er sich an den kleinen Höcker des Oberarmes und an dessen absteigenden Kamm an, so wird eine doppelte Wirkung möglich. Geht sie von dem Schulterblatte aus, so vermag sich der Oberarm nach innen zu rollen. Ist dieser dagegen befestigt, so wird das Schulterblatt fortgezogen werden.

2476 Wir haben daher hier labile Bedingungen und labile Folgen. Die späteren Betrachtungen werden uns noch Beispiele vorführen, in denen hierdurch die Thätigkeit selbst ihrer Natur nach geändert und nicht bloß in einfacher Weise umgetauscht wird. Die Vertheilung der Knochenmasse auf eine Reihe beweglicher Stücke wird so zur fruchtbarsten Quelle der vielseitigsten und zweckmäßigsten Ortsveränderungen.

2477 Die Knorpel, welche die Rollen von Hebeln unmittelbar übernehmen (§. 2459.) und die, welche die Gelenkoberflächen der Knochen überziehen, besitzen keine größeren Hohlräume. Sie können daher als dichte Massen, die nur einzelne mikroskopische Lücken darbieten und höchstens sparsam von Gefäßcanälen durchzogen sind, betrachtet werden. Die Knochen weichen hiervon wesentlich ab. Höhlungen, die in der dichten Rinde am Schwächsten und in dem schwammigen Marke am Stärksten entwickelt sind, durchsetzen das Ganze. Sie enthalten die Markhaut, Gefäße, Nerven und vorzüglich Fett und elastisch flüssige Stoffe.

2478 Die durchschnittliche Eigenschwere des ächten Knorpels gleicht 1,0883 und die der gepulverten Knochensubstanz 1,8477. 1 Cubikcentimeter von dieser ist also 1,8 oder beinahe doppelt so schwer, als 1 C. C. Knorpel. Sind aber die Hohlräume, die ein Knochen besitzt, mit Fett, Gasen und Wasserdämpfen gefüllt, so wird hierdurch das Gewicht des gleichen Rauminhaltes beträchtlich vermindert. Die mittlere Eigenschwere des ganzen, noch von seiner Beinhaut überzogenen Knochens geht daher auch von 1,8 auf 1,2 bis 1,5 zurück. Die Natur höhlt also die schwersten Gebilde des Körpers aus, um verhältnißmäßig an Umfang zu gewinnen oder an Gewicht zu ersparen.

2479 Die beiden veränderlichen Größen, die dichte und die schwammigte Knochenmasse können den Bedürfnissen nach in jedem beliebigen Verhältnisse wechseln. Der bloße Anblick führt schon häufig zur Erkenntniß der hier eingreifenden Unterschiede. Die meisten würfelförmigen Knochen enthalten mehr Mark, als Rinde. Das härteste Gebilde unseres Körpers, das Felsenbein, zeichnet sich eher durch die Dichtigkeit seiner Masse aus.

2480 Es ist nicht möglich, die gegenseitigen Verhältnisse der beiderlei Substanzen, die ein Knochen enthält, auf dem Wege der Messung zu bestimmen. Andere Verfahrungsarten können höchstens ungefähre Untersuchungen

für einzelne Knochen möglich machen. Die Eigenschwere eines schwammigten Theiles wird kleiner als die eines dichten ausfallen. Wollte man daher jeden Knochen eines Skelettes pulvern und das specifische Gewicht des Ganzen bestimmen, so würden die dichten Skelettmassen höhere Werthe, als die markreichen liefern. Eine solche Skale könnte aber noch zu keiner vollkommenen Uebersicht führen, weil die schweren Aschenbestandtheile in ungleichen Mengen vorhanden sind.

Viele Chemiker haben die Mengen der feuerflüchtigen Bestandtheile 2481
der verschiedenen Knochen vergleichend untersucht. Bedenkt man, daß man in solchen Fällen Proben des Pulvers zu veraschen pflegt, so könnte man noch keine sicheren Vergleichzahlen erhalten, wenn man selbst die Mengen der Aschen auf den Rauminhalt der frischen Knochen beziehen wollte. Man vermag höchstens zu behaupten, daß im Allgemeinen sehr dichte Knochen mehr und schwammigte weniger Asche führen. Die Wirbel des Erwachsenen enthalten z. B. nach Frerichs 60,5, die Kniescheibe 63,7, das Brustbein 64,7, die Rippen 65,3, die Metatarsusknochen 65,9, das Schienbein 66,2, das Wadenbein 66,5, die Speiche 66,3, das Oberarmbein 68,3 und der Unterkiefer 68%. Die Scheitelbeine endlich haben 68,5 und die Felsenbeine sogar 70,2%.

Diese Reihenfolge führt schon zu der Vermuthung, daß die dichte 2482
Knochenmasse einen doppelten Vortheil genießen wird. 1 Cubikcentimeter derselben enthält mehr Knochenmasse und 1 Grm. führt eine größere Menge von Asche, als die schwammigte Knochensubstanz. Die härtere Verbindung häuft sich hier nicht bloß stärker an, sondern die Legirung selbst (Bd. I. §. 47.) erreicht zugleich eine größere Höhe.

Die Erfahrung bestättigt diesen Schluß. Die gesunde Markmasse des Schienbeines eines 38jährigen Mannes gab nur 58,8%, die Rindensubstanz dagegen 59,3 bis 64,6% Asche [1]). Bibra [2]) erhielt 64,2% für das Mark und 68,5% für die Rinde des Oberschenkels eines 58jährigen Mannes. Unsere beiderseitigen Erfahrungen stimmen auch darin überein, daß die dichte Knochensubstanz mehr phosphorsauere und die schwammigte mehr kohlensauere Kalkerde führt.

Die Möglichkeit, umfangreiche und doch nicht zu schwere Knochen her- 2483
zustellen, bildet einen der auffallendsten Vortheile, welche die Anwesenheit des lockeren Markgewebes gewährt. Die Muskeln und die Sehnen können sich daher über ausgedehntere Flächen verbreiten; ihre Fasern sind im Stande, sich in größeren Mengen anzufügen. Es geht weniger Kraft verloren, um die leichter gemachten Hebel von ihrem Orte zu entfernen.

Die ursprüngliche Natur der Massen, die Hohlräume des Markes 2484
und die Formen des Ganzen begünstigen wesentlich die Festigkeitsverhältnisse der Knochen. Die absolute, die relative und die rückwirkende Festigkeit erfreuen sich hier eigenthümlicher Förderungsmittel.

---

[1]) Repertorium. Bd. III. S. 300.
[2]) Scherer, in Canstatt-Eisenmann's Jahresbericht. Bd. I. Erlangen, 1845. 4. Seite 148.

2485 Wir haben früher (Bd. I. §. 60.) gesehen, daß die absolute Festigkeit von der Größe des Querschnittes und der Beschaffenheit des Körpers abhängt. Ein roher Seidenfaden, dessen Querschnitt einem Quadratmillimeter gleicht, reißt unter 28,05 und ein Eisendrath von derselben Dicke unter 76,22 Kilogr. Belastung.

Band I. Anhang Nr. 5.

Die Schwere des gebrauchten Körpers kann das Gewicht, das sonst an dem einen Ende desselben thätig ist, ersetzen. Erreicht ein Faden eine solche Länge, daß sein Gewicht das Maaß der absoluten Festigkeit überschreitet, so reißt er von selbst durch. Diese Grenze wird nun aber um so eher eintreten, je größer die Eigenschwere ist. Wächst sie in höherem Grade, als die absolute Festigkeit, so muß schon der Körper seinen Zusammenhang bei einer geringeren Länge aufgeben.

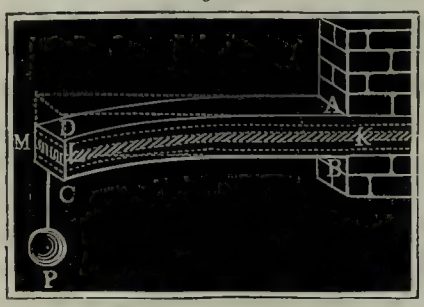
Wir fanden (Bd. I. §. 62.), daß ein Seidenfaden, dessen Eigenschwere $= 1$ gesetzt wird, bei 28050 Meter Länge unter den obigen Verhältnissen reißen würde. Nimmt man die Eigenschwere des Eisendrathes zu 7,5 an, so würden hier schon 10163 Meter hinreichen, die gleiche Wirkung herbeizuführen. Der Eisendrath ist zwar absolut fester, als die Seide; er steht ihr aber in dem eben betrachteten verwickelten Verhältnisse nach.

Die absolute Festigkeit der Knochen kann im Durchschnitt zu 37,91 Kilogr. für 1 Millimeter Querschnitt angeschlagen werden (Bd. I. §. 60.). Legen wir 1,35 als mittlere Eigenschwere zum Grunde (§. 2388.), so erhalten wir 28081 Meter Länge. Die Knochenmasse steht mithin im Allgemeinen der rohen Seide nicht nach und kann sogar die Festigkeit von Seidenschnüren in ihren Maximalwerthen (Bd. I. §. 60.) übertreffen.

Band I. Anhang Nr. 5.

2486 Ist ein biegsamer Körper $ABCD$ Fig. 68. an einem Ende AB befestigt und an dem anderen mit einem Gewichte P beschwert, so daß dieses winkelrecht zu seiner Längenachse wirkt, so wird die relative Festigkeit in Anspruch genommen. Denken wir uns, ein Mensch stütze seinen Ellenbogen auf den Tisch, während ein Gewicht auf einer Stelle seines freigehaltenen Vorderarmes ruht, so haben wir ähnliche Verhältnisse. Diese Art von Festigkeit kommt auch bei vielen Knochenverletzungen in Betracht. Wird sie überschritten, so bricht die Masse an einer zwischen AB und CD befindlichen Stelle ab.

Fig. 68.



2487 Denken wir uns, die biegsame Masse $ABCD$ Fig. 69. sei in AB befestigt und in CD mit S beschwert, so wird die rückwirkende Festigkeit entgegenarbeiten müssen. Die Masse muß zerdrückt oder zerknickt werden, sobald der Eingriff ihr Widerstandsmaaß überschreitet. Stehen wir auf einem Beine, so haben die Knochen desselben die Last des übrigen Körpers, ähnlich wie AB das Gewicht von S auszuhalten.

2488 Krümmt sich auf diese Weise ein prismatischer Körper ABC_1D_1 Fig. 70., so verlängern sich die Schichten AD zu AD_1 und NO zu NO_1,

während sich UV zu UV_1 und BC zu BC_1 verkürzt. Eine zwischen ihnen befindliche Lage KL dagegen bleibt bei ihrer früheren Ausdehnung. Man nennt sie die neutrale Achse. Die Krümmung, die sie darbietet, heißt die elastische Linie.

Die Form, welche die neutrale Achse annimmt, wechselt nicht bloß 2489
mit der Verschiedenheit der Gewichte, der Durchmesser und der Beschaffenheit der Körper, sondern auch mit der Art, wie die Kraft die Achsen angreift. Sie weicht daher in dem Fig. 69. gezeichneten Falle von dem

Fig. 69.

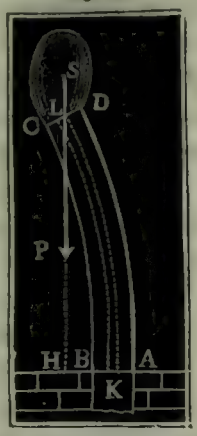


Fig. 70.

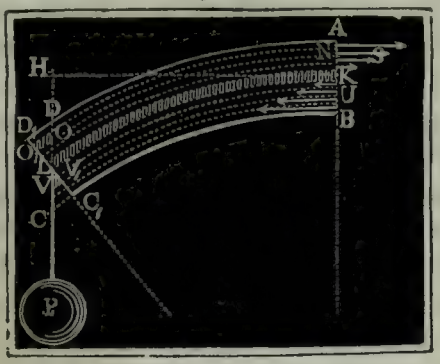


Fig. 70. dargestellten ab, weil dort die idealen Hebelarme der Kraft P durch die Abscisse KH Fig. 69., hier dagegen durch die Ordinate KH Fig. 70. dargestellt werden.

Das Kraftmoment bildet das Product der Kraft und des für einen 2490
bestimmten Querschnitt gültigen Hebelarmes; das Biegungsmoment dagegen das des Kraftmomentes und des Krümmungshalbmessers, der zu dem einzelnen Orte gehört. Dieses wächst aber mit dem Querschnitte und dem Quadrate der Entfernung von der neutralen Achse[1]). Ein hohler Cylinder hat daher ein größeres Biegungsmoment, als ein dünnerer und solider, der eben so viel Masse als jener enthält; ein hoher prismatischer Körper ein bedeutenderes, als ein niederer. Die Festigkeit stößt auf günstigere Bedingungen in jenem, als in diesem Falle.

Denken wir uns, die gleichen Mengen derselben Masse werden zu 2491
Cylindern von gleicher Länge verarbeitet; der eine sei aber gleichförmig hohl und der andere solid, so wird natürlich dieser einen kleineren Durchmesser besitzen. Betrüge z. B. der Halbmesser des hohlen 10 und der seiner Höhlung 8 Centimeter, so müßte der Radius des zweiten, aber Anhang Nr. 101.
dichten Cylinders 6 Centimeter messen. Seine seitliche Oberfläche verhielte sich dann zu der des hohlen Cylinders $= 3 : 5$; seine rückwirkende Festigkeit dagegen $= 1 : 4{,}56$. Diese befindet sich daher im Vortheil.

Man sieht leicht, daß sich der allgemeine Theil dieses Schlusses auf 2492

[1]) J. Weißbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. Theil I. Braunschweig, 1845. 8. S. 199.

die Knochen anwenden läßt. Die berechnete Vertheilung der Markhöhlen muß verhältnißmäßig die relative und die rückwirkende Festigkeit erhöhen. Fehlte sie, so hätten die soliden Knochen schwächer oder massiger und schwerer ausfallen müssen[1]).

2493 Die netzförmige Anordnung der Knochenbalken des Markes steht gewissermaßen in der Mitte zwischen der vollkommenen Dichtigkeit und der fortlaufenden Höhlenbildung. Es kann unter diesen Umständen die Rinde verhältnißmäßig dünner werden, als wenn Alles von einer großen und einfachen Höhle durchsetzt würde. Da sie überdieß eine stärkere Legirung, als das Mark besitzt (§. 2482.), so vermag auch dieses Verhältniß die Festigkeit zu begünstigen oder Massenersparnisse möglich zu machen.

2494 Der Grad, in dem sich der Knochenknorpel mit den Aschenbestandtheilen verbindet, bestimmt es, ob das Ganze biegsamer, fester oder spröder wird. Die verschiedenen Mengen von feuerflüchtigen Bestandtheilen, mit welchen die einzelnen Skelettstücke versehen sind, hängen vermuthlich hiermit zusammen. Wir haben aber schon früher (Bd. I. §. 49.) gesehen, welche störenden Folgen die Trübung dieser gegenseitigen glücklichen Verbindung unter krankhaften Zuständen nach sich zieht.

2495 Die Knochen dehnen sich nach Wertheim[2]) in gleichem Verhältnisse mit den an ihnen ziehenden Gewichten aus, während die Weichgebilde des thierischen Körpers eine solche Gleichförmigkeit nicht darbieten. Die Skelettheile stimmen daher eher in dieser Hinsicht mit den unorganischen Massen und den Hölzern, als mit den weichen thierischen Geweben überein.

2496 Je genauer wir die Mechanik eines Theiles durchschauen, um so mehr überzeugen wir uns, daß seine Gestalt der Schönheit und dem Nutzen seines Aeußeren auf das Vollkommenste entspricht. Die Lücken unserer Erkenntniß hindern aber häufig, alle Verhältnisse genügend zu erläutern.

2497 Die meisten Knochen haben unebene und zwar größtentheils runde Oberflächen. Es wird hierdurch häufig an Rauminhalt gespart und an wirksamer Fläche gewonnen.

2498 Platte Knochen beschützen umfangreichere Hohlräume oder nützen durch ihre größeren Oberflächen und die hierdurch mögliche Vermehrung der Muskelansätze. Die Schädelknochen und das Brustbein können den ersteren und das Schulterblatt den zweiten Fall anschaulich machen. Beiderlei Verhältnisse verbinden sich z. B. in den Darmbeinen.

2499 Haben diese Gebilde eine größere Festigkeit nöthig, so nimmt zunächst ihre Dicke zu. Der Vergleich der meisten Gesichtsknochen mit denen der Schädeldecke kann uns dieses am Besten versinnlichen. Eine bedeutendere Menge von Mark oder von Rinde bildet ein zweites Verbesserungsmittel. Das Brustbein und das Scheitelbein unterscheiden sich z. B. in dieser Hinsicht von den meisten übrigen Knochen des Skelettes. Es ist endlich noch möglich, daß die Legirung selbst nachzuhelfen im Stande ist.

---

[1]) Vergl. auch J. Hyrtl, Lehrbuch der Anatomie des Menschen mit Rücksicht auf physiologische Begründung und praktische Anwendung. Prag, 1846. 8. S. 150.

[2]) Wertheim, in l'Institut. Nro. 678. Paris, 1846. p. 435.

Knochen, in denen der Längendurchmesser vorherrscht, können platt 2500
oder rund sein, oder Mittelformen darbieten. Die Rippen des Menschen zeichnen sich durch ihre Abplattung und das Schenkelbein oder das Oberarmbein durch seinen fast runden Querschnitt aus. Die meisten Knochen des Vorderarmes und des Unterschenkels haben scharfe Kanten neben den sonst rundlichen Begrenzungen. Die einzelnen Gestalten hängen hier vorzugsweise von der Natur der Verkürzungsgebilde, die sie beherrschen und den Hebelwirkungen, welche die Knochen selbst zu vollführen haben, ab. Die Festigkeitsgrade treten in dieser Hinsicht verhältnißmäßig zurück. Die Skeletttheile halten die Angriffe, die sie gewöhnlich treffen, aus und leisten selbst einen bedeutenden Widerstand außerordentlichen Einflüssen. Der eine Knochen bricht aber oft leichter, als der andere, weil ihn seine übrige Bestimmung schwächer und angreifbarer macht.

Die relative Festigkeit eines parallelipipedischen Balkens hängt nicht 2501
in gleichem Grade von allen Durchmessern ab. Sie steht in geradem Verhältnisse zur Breite, in quadratischem zur Höhe und in einfachem umgekehrten Verhältnisse zur Länge. Sie wächst eben so in einem Cylinder mit der dritten Potenz des Halbmessers und sinkt mit der Länge[1]). Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich für die rückwirkende Festigkeit. Die eines Parallelipipedes wächst mit der Breite und dem Cubus der Dicke oder der kleineren Dimension des Querschnittes. Sie sinkt mit dem Quadrate der Länge. Das Biquadrat des Durchmessers und das Quadrat der Länge treten als Bestimmungsglieder eines Cylinders hervor[2]). Es wird mithin in jedem Falle eine größere Verlängerung mittelst einer verhältnißmäßig geringeren Erhöhung eines oder aller Querdurchmesser ausgeglichen werden können.

Band I. Anhang Nr. 27.

Band I. Anhang Nr. 28.

Die Wachsthumserscheinungen der Röhrenknochen berücksichtigen ver- 2502
muthlich diese Gesetze. Nehmen die Größe und die Schwere der Belastungsmassen zu, so kann schon verhältnißmäßig eine untergeordnete Dickenvermehrung dem Bedürfnisse genügen. Es versteht sich von selbst, daß die Legirung der Masse die mechanischen Verhältnisse zu begünstigen vermag.

Die Wirbelkörper und die meisten Knochen der Hand- und der Fuß- 2503
wurzel nähern sich mehr oder minder der Würfelform. Ihre Länge tritt verhältnißmäßig zurück und die Größen ihrer Querseiten nähern sich wechselseitig. Die Wirbelsäule des Menschen bildet auf diese Art ein Stativ, das aus einer gewissen Menge einzelner Klotzstücke besteht. Die Hand- und die Fußwurzel wiederholt die gleiche Art der Zusammenfügung. Sie gewährt zunächst den Vortheil, daß die einzelnen Knochen, sofern sie nicht durch Bandmassen gehemmt werden, Bewegungen gestatten. Das Ganze wird auf diese Weise nachgiebiger, als wenn es aus einem Gusse aus der härteren Knochenmasse geformt worden wäre.

---

[1]) G. W. von Langsdorf, Lehrbuch der Elementarmechanik. Stuttgart, 1845. 8. Seite 149 — 151.

[2]) J. Weißbach, a. a. O. Thl. I. Seite 234.

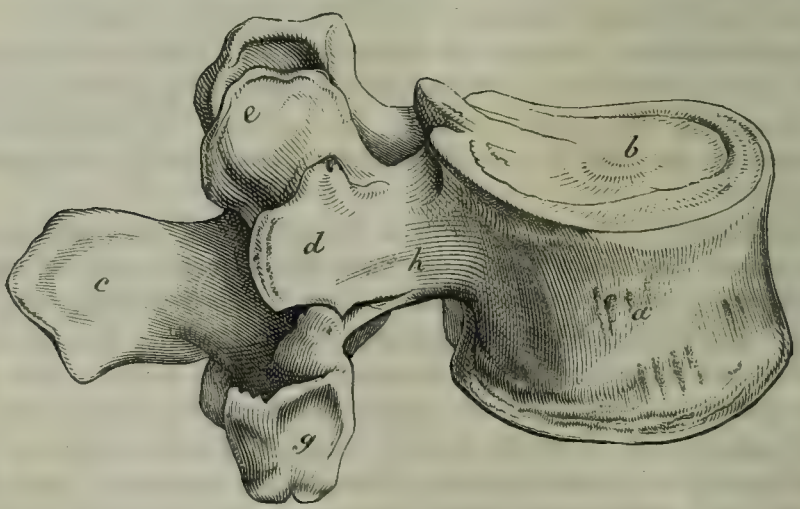
2504 Die Nebenbedingungen bestimmen auch hier die Gestalt in hohem Grade. Die Fußwurzelknochen, auf denen größere Lasten ruhen, erhalten deshalb mehr Masse. Das Sprungbein und das Fersenbein genießen diesen Vortheil am Meisten. Jenes verlängert sich nach vorn in seinen Hals und Kopf, um sich mit dem Schiffbeine zu verbinden. Das Fersenbein dagegen, das oft die Rolle eines zweiarmigen Hebels übernehmen soll, zieht sich nach hinten bedeutend aus und muß die reinere würfelähnliche Form aufgeben.

2505 Die Endtheile der langen Röhrenknochen schwellen kugelig an. Ihre Gelenkflächen erinnern dabei im Schulter- und Hüftgelenke an größere Kugelabschnitte, oder an ausgedehntere Stücke anderer Umdrehungskörper. Sie sind dagegen flacher an dem oberen Ende der Speiche, dem unteren des Ellenbogenbeines und zum Theil dem Köpfchen des Wadenbeines. Mehr dreikantige Gestalten finden sich im Ganzen an dem unteren Theile der Speiche, dem oberen des Ellenbogenbeines, dem Schienbeine und zum Theil dem Wadenbeine. Das untere Gelenkstück des Oberschenkels und das obere des Schienbeines ist von vorn nach hinten zusammengedrückt. Denken wir uns dieses fortgesetzt, so gelangen wir zu den Gestalten der platten Knochen.

2506 Diese und viele andere Formeigenthümlichkeiten der Knochen gewähren mehrere mechanische Vortheile, die entweder die Bewegung vergrößern und erleichtern, oder andere durch die Nebenverhältnisse bedingte Uebelstände ausgleichen.

Die über einander geschichteten Wirbel werden um so sicherer ruhen, je größere Oberflächen *b* Fig. 71. zu ihren wechselseitigen Grundlagen die-

Fig. 71.



nen. Kann aber schon dem erforderlichen Festigkeitsmaaße genügt werden, wenn selbst nicht jedes Klotzstück überall denselben Querschnitt, wie an den Endflächen hat, so dürfen sich die Mitteltheile *a* bis zu einem gewissen Grade ohne Schaden aushöhlen. Es wird hierdurch an Knochenmasse gespart und an freier Oberfläche, die anderen Geweben zum Ansatz zu

dienen vermag, gewonnen, weil die Aushöhlungsfläche größer, als eine entsprechende gerade Ebene ist. Eine Ausbauchung des Mittelstückes *a* gewährt auch den letzteren Vortheil. Soll aber dann keine Masse vergeudet werden, so müssen die Höhlungen ausgleichend eingreifen (§. 2479.).

Die größere Ausdehnung der Gelenkflächen, welche durch die An- 2507
schwellung der Gelenkenden bedingt ist, macht es möglich, daß sich ein Knochen mit mehreren anderen verbindet. Der Oberarm kann sich z. B. auf diese Weise mit der Speiche und dem Ellenbogenbeine vereinigen. Sie liefert überdieß, wo es nöthig wird, breitere Unterlagen.

Wir werden in der Folge sehen, daß die Natur viele mechanische 2508
Einrichtungen herstellt und selbst Muskelkraft in reichlichem Maaße opfert, um nur die Größe der Hebelbewegungen der Knochen zu begünstigen. Die Anschwellungen, welche viele Skeletttheile darbieten, dienen ähnlichen Zwecken.

Vergrößern die Gelenkköpfe die Oberfläche, an der die Knochen an 2509
einander hingleiten, so können sie auch ausgedehntere Bögen beschreiben. Die Kraft der Muskeln wird dann nicht durch die Schmalheit der beweglichen Flächen beschränkt.

Greift eine Gewalt ihren Hebelarm rechtwinkelig an, so findet ihre 2510
Wirkung die günstigsten Bedingungen. Schiefe Winkel dagegen verzehren immer einen Theil des Erfolges, der in einer bestimmten einseitigen Richtung zu Stande kommen soll. Nehmen wir an, *ac* Fig. 72. sei ein gerad-

Fig. 72.

liniger gleicharmiger Hebel, z. B. der Balken einer gewöhnlichen Wage und *b* der Unterstützungspunkt. Eine Kraftgröße *ae* greift ihn in *a* rechtwinkelig, eine zweite größere *cf* dagegen unter dem stumpfen Winkel *bcf* an, so können wir diese dem Parallelogramm der Kräfte gemäß in zwei Wirkungen *cg* und *cd* zerlegen.

Sind *ae* und *cd* parallel, so müssen *dcb*, *fgc* und *gcd* rechte Winkel und *cg* die Verlängerung von *bc* sein. Die Kraft *cf* wirkt aber eben so, als wenn sie den Punkt *c* von *c* nach *d* mit der Größe *cd* und von *c* nach *g* mit der *cg* ziehen würde. Die Bewegung, die in der Richtung von *c* nach *g* erfolgen kann, ist für die von *c* nach *d* oder von *a* nach *e* gleichgültig. Die schiefe Kraft *cf* vermag daher nur in dieser Hinsicht mit dem Werthe *cd* zu arbeiten. Da aber *cdf* ein rechtwinkeliges Dreieck ist, so muß die Hypothenuse *cf* um *hf* größer, als die eine Kathete $cd = ch$ sein. Der schiefe Angriff erzeugt daher einen verhältnißmäßigen Kraftverlust in einer einseitigen Richtung.

Denken wir uns, dieselbe Kraftgröße griffe zu verschiedenen Malen unter Winkeln von 30°, 60°, 90°, 120° und 150° an, so würden sich die Einflüsse dieser Züge, wie 0,50 : 0,87 : 1,00 : 0,87 : 0,50 verhalten. Man sieht zugleich, daß der Verlust der gleiche bleibt, der Zugwinkel mag um dieselbe Größe unter oder über 90° stehen. Er sinkt um so mehr, je

Anhang Nr. 102.

näher der Winkel einem Rechten kommt, je weniger spitz ein spitzer und je weniger stumpf ein stumpfer Winkel wird.

2511 Die Kugelanschwellungen der Gelenkköpfe können auf diese Weise den Kraftverlust einzelner Muskeln oder Sehnen verkleinern. Ist z. B. *f* Fig. 73. der Drehpunkt des Oberarmes und *d* das Ende der Gräthenecke des Schulterblattes, so würde eine Faser des Armhebers (Deltoideus) wie *dcab* verlaufen und ihre Hebel *fb* unter dem Winkel *fbc* angreifen. Die Auftreibung des Oberarmkopfes dagegen nöthigt sie in *deb* dahin zu gehen und so den größeren Winkel *ebf* zu bilden.

Fig. 73.

Fig. 74.

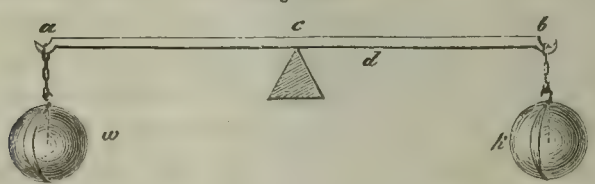
2512 Schaltknochen können ähnliche Dienste leisten. Die Kniescheibe vermag dieses anschaulich zu machen. Sie empfängt die sehnigten Ausläufer (*g* Fig. 74.) der Strecker des Unterschenkels, des geraden (Rectus femoris), des äußeren und inneren großen (Vastus externus und internus) und des tiefen Schenkelmuskels (Cruralis). Das Kniescheibenband *i*, das sich an den Knorren *f* des Schienbeines *d* heftet, überträgt seine Wirkungen auf dieses.

Fehlte die Kniescheibe *h*, so würde die Sehne der Strecker des Unterschenkels in *ef* verlaufen. Ist *k* der Drehpunkt und *kf* der entsprechende Hebelarm, so griffe *ef* unter dem Winkel *efk* an. Die Einschaltung der Kniescheibe *k* dagegen macht es möglich, daß das Kniescheibenband *if* den weniger spitzen Winkel *ifk* bildet.

Die Sesambeinchen der Hand leisten z. B. ähnliche Dienste für die Bewegungen des Daumens. Einzelne Knochenfortsätze gewähren die gleichen Vortheile.

2513 Greift auch eine Kraft, *k* Fig. 75., senkrecht an, so hängt die Wirkung nicht von ihr allein, sondern auch von der Länge des Hebels *cb*, den sie beherrscht, ab. Man nennt das Product dieser beiden Größen, $k \times cb$, das statische oder das Kraftmoment. Soll Gleichgewicht herrschen, so müssen die Kraftmomente auf beiden Seiten des Unterstützungspunktes gleich sein. Nennen wir die beiderseitigen Kräfte *k* und *k'* und die Längen der Hebelarme *l* und *l'*, so fordert das Gleichgewicht $kl = k'l'$. Hieraus folgte $k : k' = l' : l$, d. h. die Kräfte verhalten sich zu einander umgekehrt, wie die Hebelarme.

Fig. 75.

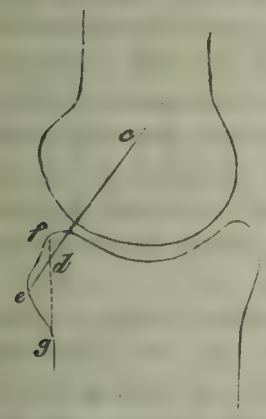


2514 Liegt der Unterstützungspunkt in *c*, so daß $ac = cb$ oder $l = l'$, so

haben wir $k = k'$ oder die Kräfte k und w müssen dieselben Werthe haben, wenn Gleichgewicht bestehen soll. Versetzen wir dagegen den Unterstützungspunkt nach d, so daß ad größer, als db ist, so wird w kleiner ausfallen, wenn der gleiche Zweck erreicht werden soll. Wir erhalten $w = k.\frac{db}{ad}$ d. h. w nimmt verhältnißmäßig um so viel ab, als ad den anderen Hebelarm übertrifft. Wäre z. B. ad doppelt so groß, wie db, so brauchte w nur halb so schwer, als k zu sein. Die Verlängerung des Hebelarmes kann so einen gewissen Grad von Kraft ersetzen.

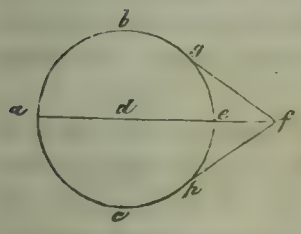
Die Verdickungen, die Knorren und die anderen Erhabenheiten der Knochen vergrößern nicht selten den Hebelarm, den die Muskeln oder die Sehnen angreifen. Nehmen wir an, zwei Knochen wälzen sich so um einander, daß der Drehpunkt in c, Fig. 76., liegt, so würde cd den Hebelarm bilden, wenn die Knochenwand gerade in fdg hinabginge. Besitzt sie aber einen Höcker feg, an den sich Muskeln anfügen, so wird der Hebelarm zu ce, mithin um de verlängert. Der oben erwähnte Ansatz des Kniescheibenbandes an den Knorren des Schienbeines kann uns dieses Verhältniß am Einfachsten versinnlichen. 2515

Fig. 76.



Drehen sich Knochen um ihre Achse, so wiederholt sich das Gleiche für viele von den Erhabenheiten, an welche sich die sie beherrschenden Muskeln anfügen. Stellt $abec$ den Querschnitt des Knochens dar und liegt sein Drehpunkt in dem Mittelpunkte d, so haben wir de als Hebelarm. Ist aber eine Leiste gfh vorhanden, so wächst er um ef und wird zu df. 2516

Fig. 77.

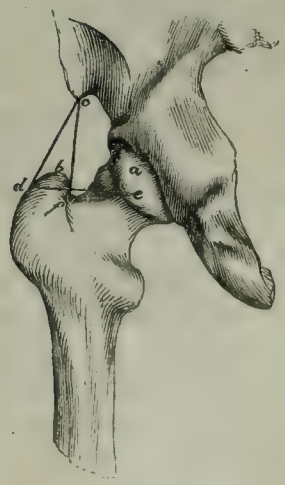


Verbindet sich eine einfache Beugung und Streckung mit einer nicht unbedeutenden Drehbewegung um die Längenachse, so kann ein größerer Vorsprung die mechanischen Verhältnisse wesentlich begünstigen. Der Knorren der Speiche, der dem zweiköpfigen Armmuskel entspricht, nützt z. B. auf diese Art in mehrfacher Weise. Man sieht hieraus überhaupt, weshalb sich so viele Muskeln und Sehnen an Knorren, Kanten und anderen Erhabenheiten anfügen. 2517

Wir haben (§. 2420.) bemerkt, daß ein schiefer Zug mit einem gewissen Verluste von Kraft verbunden ist. Eine größere Hebellänge wird diesen Uebelstand ausgleichen. Soll sie aber vortheilhaft wirken, so dürfen nicht ihretwegen die Fasern gezwungen werden, sich so schief anzufügen, daß sie hierdurch mehr verlieren, als sie durch die Vergrößerung des Hebelarmes gewinnen. 2518

Denken wir uns, a sei der Gelenkkopf des Oberschenkels, b der große Rollhügel und e bezeichne den im Inneren befindlichen Drehpunkt, so würde eine Faser cf mit dem Hebelarme fe arbeiten, wenn der Rollhügel mangelte. Sie ist mit de thätig, wenn er vorhanden ist. Sie zöge in jenem Falle unter dem fast rechten Winkel cfe und in diesem unter dem spitzen cde. Soll kein Nachtheil entstehen, so muß db so groß sein, daß es das Mißverhältniß der Winkel ausgleicht. Dieses geschieht, wenn sich die Hebellängen umgekehrt, wie die Sinus der Angriffswinkel verhalten.

Fig. 78.



Anhang Nr. 102.

2519 Heften sich auch die meisten Muskeln und Sehnen an größere oder kleinere Knochenwülste, so kommt es doch bisweilen vor, daß sie sich an Vertiefungen ansetzen. Der Kiefermuskel (Masseter), der innere Flügelmuskel (Pterygoideus internus) und der zweibäuchige Muskel der unteren Kinnlade (Digastricus maxillae inferioris) können uns diesen Fall anschaulich machen. Man sieht zugleich hieraus, daß es nicht die Thätigkeit der Muskeln selbst ist, welche gleichsam die Erhabenheiten der Knochen hervorzieht.

2520 Ausgehöhlte Flächen oder Knochenvertiefungen werden häufig zu Ausgangspunkten der Muskeln benutzt. Da ihre Kraft mit der Zahl der Muskelfasern zunimmt, so kann eine gekrümmte Fläche eine größere Menge von ihnen als eine ebene aufnehmen. Die Vorsprünge sowohl, als die Gruben sind diesen Dienst zu leisten im Stande. Die meisten Stellen, an die sich Knochen oder Sehnen heften, erscheinen deshalb rauh oder uneben. Die Vertiefungen gewähren überdieß noch den Vortheil, daß sie Raum und unter manchen Verhältnissen Knochenmasse sparen (§. 2506.).

Der Darmbeinmuskel (Iliacus internus) entspringt von der inneren Fläche des Darmbeines und der zweibäuchige Kiefermuskel (Digastricus maxillae inferioris) von dem Zitzeneinschnitte. Die Schläfengrube der Säugethiere höhlt sich um so mehr aus, je mehr Kraft der Schläfenmuskel (Temporalis) verhältnißmäßig gewinnt. Der Oberschenkel des Pferdes besitzt eine tiefe längliche Grube, die für den äußeren Kopf des Zwillingsmuskels (Gastrocnemius) bestimmt ist.

2521 Manche Knochenfurchen sichern die Lage der in ihnen enthaltenen Theile. Die Höckerrinne (Sulcus intertubercularis) des Oberarmes beschützt auf diese Weise die Sehne des langen Kopfes des Speichenbeugers (Biceps brachii).

2522 Bänder. — Sie halten die einzelnen beweglichen Knochenmassen fest zusammen und beschränken den Grad von Beweglichkeit, den die Skelettheile allein erlauben würden, wie es die Zwecke des Ganzen verlangen.

Hätte die Natur die Knochen so geformt, daß sie selbst nur den Grad von Verschiebung, den das Spiel des Gelenkes fordert, gestatteten, so wäre die Vielseitigkeit der Bewegungen gestört und die Gefahr der Knochen-

brüche vergrößert worden. Die starren Massen hätten eher stärkeren Stößen unterliegen müssen. Die Natur wäre nicht selten gezwungen worden, Fortsätze, welche die ungünstigsten Festigkeitsverhältnisse darboten, herzustellen und das Skelett überhaupt schwerer zu machen.

Es kommt daher nur ausnahmsweise vor, daß besondere Knochentheile die Rolle von Hemmungsstücken übernehmen. Der Ellenbogenknorren (Olecranon) keilt sich, wie ein Sperrhaken, in die Grube des Oberarmes ein, damit nicht der Vorderarm über 180° gestreckt oder nach hinten gebogen werden könne. Hindert auch sonst die Gestalt der Gelenkflächen einen Theil der Bewegung, so wird doch in der Regel das Meiste den Bändern überlassen.

Diese gewähren noch den Nutzen, daß ein gewisser Grad von Labi- 2523
lität möglich wird. Gewinnen sie durch Uebung an Dehnbarkeit, so erhöht sich auch die Bewegungsgröße der Gelenke (Bd. I.* §. 77.). Sie hemmen bisweilen nur ein Gelenk in gewissen Stellungen, erschlaffen dagegen in anderen und gestatten unter diesen Verhältnissen Ortsveränderungen, die sie früher nicht erlaubten. Wir werden sehen, daß so der Unterschenkel nur bei gebogenem, nicht aber bei gestrecktem Kniee gedreht zu werden vermag. Die Bewegungen, die in einer bestimmten Lage möglich sind, können überdieß ihre größtmögliche Höhe mit weniger Gefahr erreichen.

Der Luftdruck hält zwar schon die Knochen, die gelenkig vereinigt 2524
sind, zusammen (Bd. I. §. 177.). Wir dürfen uns daher nicht vorstellen, als würden sie von den Bändern, wie mit Stricken, verbunden. Zerstört aber eine Verletzung den luftdichten Verschluß, so sind es die Bandmassen, die den größten Widerstand unter allen eigenthümlichen Fasergebilden des Gelenkes leisten. Oeffnet man ein Gelenk, dessen Bandmassen kurz und straff sind, ohne diese völlig zu durchschneiden, so fallen die Knochen nicht so sehr aus einander, als wenn sie von strafferen Bändern zusammengehalten werden.

Man besitzt bis jetzt noch keine hinreichend genauen Untersuchungen über 2525
die Festigkeit dieser Gebilde. Maisonnabe[1]) giebt an, daß die Halswirbelsäule bei 50, die Rückenwirbelsäule bei 75 und die Lendenwirbelsäule bei 100 Kilogr. zerreißt. Die Hänge- und Flügelbänder des Zahnfortsatzes des zweiten Halswirbels hielten nach ihm 75½ Kilogr. Belastung ohne Nachtheil aus. Ist es auch nicht unwahrscheinlich, daß schon die Masse der Bänder selbst manche Vortheile darbieten wird, so müssen diese noch oft durch die Verwebung der Fasern erhöht werden. Soll das Ganze kräftiger schließen, so durchkreuzen und verflechten sich die verhältnißmäßig kurzen Bündel auf das Mannigfachste. Es kommt häufig vor, daß eher ein Knochenstück mit abbricht, als daß die Bänder von ihren festen Befestigungsstellen losgerissen werden.

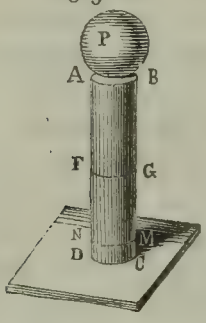
Knorpelüberzüge und Polster der Gelenke. — Die Knorpel, 2526
welche die Gelenkflächen der meisten Knochen bekleiden, können den Druck, dem diese Gebilde ausgesetzt sind, mäßigen. Wir werden bald sehen, daß

[1]) Hyrtl, a. a. O. S. 221. 227.

ihre innere Beschaffenheit diesem Zwecke entspricht. Sie empfangen im günstigsten Falle eine nur geringe Menge von Blutgefäßen und Nerven, damit nicht starke Pressungen den Kreislauf stören oder Schmerzensempfindungen herbeiführen. Verdünnt sich der Knorpelüberzug eines Gelenkes, ist er selbst an einzelnen Stellen gänzlich geschwunden, so wird auch die Bewegung erschwert, wo nicht gar unmöglich gemacht. Die späteren Betrachtungen werden übrigens zeigen, daß jene Ueberzüge noch andere Vortheile darzubieten im Stande sind.

2527 Reichen sie allein nicht aus, so schieben sich noch andere passende fremde Gewebtheile dazwischen. Denken wir uns, *ABCD* Fig. 79. sei ein cylindrischer auf einer festen Unterlage ruhender elastischer Körper, so hängt sein Elasticitätsmodulus von dem ideellen Gewichte ab, das ihn, wenn er es aushielte, auf die Hälfte seiner Länge zu *FGCD* zusammendrücken würde. Verkleinert ihn aber auch nur die Last *P* um einen Bruchtheil dieser Größe, z. B. um *NMCD*, so geht doch schon eine gewisse Menge lebendiger Kraft der Wirkung verloren. Der Druck auf die Unterlage wird für den Augenblick geschwächt. Ist aber der Körper nicht vollkommen elastisch, so daß er seinen empfangenen Druck nach dem Aufhören der Pressung unvollständig wiedergiebt, so gleicht sich auch der Unterschied gar nicht oder höchstens allmählig aus.

Fig 79.



2528 Das Fett (Bd. I. §. 80.) und die Faserscheiben (Bd. I. §. 92.) können zu diesem Zwecke gebraucht werden. Beide kommen auch bisweilen in den Gelenken vor. Falten der Gelenkhäute der Hüfte und des Kniees führen nicht unbedeutende Fettmassen. Da aber diese ihrer Nachgiebigkeit wegen starke Druckgrößen nur durch umfangreichere Schichten dämpfen könnten, so werden in dieser Hinsicht die Faserscheiben zweckmäßigere Dienste leisten. Sie können kleinere Räume einnehmen, kraftvolle Pressungen mildern, Spannungsunterschiede ausgleichen, Lücken füllen und hierdurch den Druck gleichmäßiger vertheilen. Die Gelenke des Unterkiefers, des Schlüsselbeines, des unteren Endes des Ellenbogens mit der Speiche und des Kniees führen Scheiben sogenannten Faserknorpels. Sie trennen zugleich die Gelenkhöhlen scheidewandartig und können hierdurch noch manche Nebenvortheile, auf die wir bald zurückkommen, bedingen.

2529 Gelenkhäute. — Sie umgeben zwar das Gelenk von allen Seiten, dienen aber nicht dazu, das Gelenk straff zusammen zu halten oder die Knochen gegenseitig in möglichster Annäherung zu befestigen. Wir haben gesehen (§. 2524.), daß diese Bestimmung dem Luftdrucke und nächst ihm den Bändern übertragen ist.

2530 Entfernt man die Kapsel des Kniegelenkes, so erhält sich noch die innige Knochenverbindung. Löst man dagegen die Seitenbänder los, während die Kapsel unversehrt bleibt, so verliert sich die Festigkeit für die gestreckte, nicht aber für die gebogene Lage. Die bloße Trennung der Kreuz-

bänder bedingt den umgekehrten Erfolg [1]). Aehnliche Versuche lassen sich auch an dem Ellenbogengelenke anstellen [2]). Wir haben schon früher (Bd. I. §. 178.) kennen gelernt, daß die äußere Luft den Schenkelkopf in der Pfanne selbst nach der Durchschneidung der Gelenkkapsel erhalten kann.

Die Gelenkkapsel bildet immer einen verhältnißmäßig weiten Sack, 2531
der die Größe der Bewegung des Gelenkes ohne Gefahr der Zerreißung möglich macht. Sie leistet hier überdieß dieselben Dienste, welche die serösen Häute für die geschlossenen Körperhöhlen versehen.

Die Gelenkhöhlen und die Räume des Bauchfells, des Herzbeutels, 2532
des Lungenfells u. dgl. müssen eine Flüssigkeit enthalten, damit sogleich alle Räume, die sich bei den verschiedenen Ortsveränderungen bilden, ausgefüllt werden (Bd. I. §. 174.). Die Blutgefäße der Gelenkhaut sondern diese bewegliche Flüssigkeit, die Gelenkschmiere oder die Synovia ab (Bd. I. §. 1475.).

Wir können die Gelenkhaut in zwei Theile, die jedoch unmittelbar 2533
in einander übergehen, trennen. Der eine bekleidet die Oberflächen der Knorpel und der festeren Neben- und Einschaltungsstücke; der andere dagegen zieht sich längs der Zwischenräume, welche die Gelenkgebilde übrig lassen, hin und dehnt sich oft noch weiter aus. Dieser ist den unmittelbaren Wirkungen des Druckes und Stoßes weniger Preis gegeben, als jener. Er kann daher auch eher Blutgefäße und Nerven aufnehmen und für die Absonderung der Gelenkschmiere zweckmäßiger verwandt werden. Die Erfahrung bestättigt diesen Schluß. Die freien Theile der Gelenkhaut des Kniees besitzen nicht bloß zahlreiche Blutgefäße, sondern enthalten auch nach Weber [3]) viele Ausstülpungen und zottenartige Fältchen, um die absondernde Oberfläche zu vergrößern.

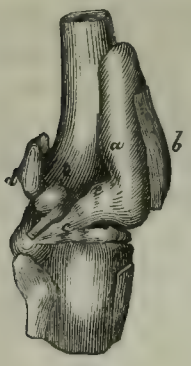
Wir haben schon früher (Bd. I. §. 94. 95.) gesehen, wie sehr sich die 2534
Gelenkschmiere eignet, die Reibung zu vermindern. Die Flächen, welche die Synovialüberzüge der Gelenkknorpel und der Zwischenmassen darbieten, besitzen ohnehin so wenig Unebenheiten, als möglich. Ihre Formen begünstigen überdieß oft noch die Beweglichkeit. Kommt nun die Gelenkschmiere hinzu, so wird fast Nichts für die Reibungshindernisse verloren gehen. Sie verzehren noch kein Gramm im Ellenbogengelenke und sind daher verhältnißmäßig geringer, als in allen unseren technischen Vorrichtungen. Ablagerungen fremder Massen, wie sie in Folge der Gicht oder der Vereiterung der Gelenke auftreten, stören daher in hohem Grade.

Die Nebenbeutel, die einzelne Gelenkhäute bilden, können noch andere 2535
Vortheile gewähren. Füllt man z. B. die des Kniegelenkes *e*, Fig. 80, mit einer erstarrenden Masse an, so sieht man nach Weber [4]), wie ein Fortsatz *a* am Oberschenkel hinaufgeht, um sich zwischen der gemeinschaft-

---

[1]) W. u. Ed. Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen, 1836. 8. S. 178.
[2]) Hyrtl, a. a. O. S. 240.
[3]) W. u. Ed. Weber, Ebendaselbst. Seite 197.
[4]) W. u. Ed. Weber, Ebendaselbst. Seite 196.

Fig. 80.



lichen Sehne *b* der Strecker des Unterschenkels und dem Schenkelbein einzuschalten. Ein zweiter *c* schiebt sich zwischen die Sehne des Kniekehlenmuskels und den äußeren halbmondförmigen Knorpel ein und hängt bisweilen und zwar nach Gruber unter 14 bis 15 Fällen ungefähr ein Mal mit dem Wadenbein-Schienbeingelenk zusammen [1]). Ein dritter *d* drängt sich zwischen die Sehne des Kniekehlenmuskels und das äußere Seitenband.

2536 Füllt sich ein solcher Nebensack, so kann er die Angriffswirkung der Verkürzungsgebilde erleichtern (Bd. I. §. 176 fgg.) und die Reibung, die sich sonst zwischen der Sehne und den Unebenheiten des mit seiner Beinhaut bekleideten Knochens geltend machen würde, beseitigen oder mildern. Fällt er wieder zur Zeit der Ruhe zusammen, so wird er keinen überflüssigen Raum einnehmen. Seine Flüssigkeit begiebt sich an andere Orte, die sie dringender nöthig haben.

2537 Wir haben bemerkt, daß auch häufig die Gelenkhaut nach innen geschlagene Falten bildet. Ein Theil von ihnen bekleidet die Schaltmassen, die in einzelnen Gelenken vorkommen. Ein anderer dagegen ist frei oder führt in seinem Inneren Fett. Wir finden den letzteren Fall in den Flügelbändern des Kniegelenkes. Diese sondern nach Hyrtl [2]) den gesammten Innenraum in drei unabhängige Höhlen, von denen der mittlere dem Kniescheibengelenke angehört. Oeffnet man auch die Gelenkhaut von der Seite, so hindert nach ihm immer noch der äußere Luftdruck, daß sich die Kniescheibe von ihrer Gleitfurche entfernt.

2538 Ist die Gelenkkapsel schlaff oder gefaltet, so könnte sie leicht bei den Bewegungen des Gelenkes, wenn nicht andere Nebenverhältnisse die Gefahr entfernten, eingeklemmt werden. Das Ausweichen der Gelenkflüssigkeit (§. 2536.) bildet eine der Gegenwirkungen, die hierfür in Anspruch genommen werden. Schaltstücke können noch unterstützend mitwirken. Weber [3]) nimmt an, daß die halbmondförmigen Knorpel Dienste der Art im Kniegelenke übernehmen.

2539 Verschiedenheit der Gelenkverbindungen. — Betrachten wir die einzelnen beweglichen Theile des Körpers, so finden wir, daß manche von ihnen fast vollkommen unverrückbar zusammengefügt sind, andere dagegen die freieste Drehung gestatten. Die Schädelknochen stehen in dieser Hinsicht auf der einen und die Gebilde des Schultergelenkes auf der anderen Seite.

2540 Die Art der Verbindung hängt von der Bestimmung und der zweckmäßigen Form der einzelnen Skeletttheile ab. Manche Gelenke lassen sich mit Vorrichtungen, die wir an unseren Maschinen antreffen, vergleichen.

---

[1]) W. u. Ed. Weber, Ebendaselbst. S. 196. u. Hyrtl, a. a. O. S. 265.
[2]) Hyrtl, a. a. O. S. 264.
[3]) Weber, a. a. O. S. 193.

Andere dagegen sind so verwickelt, daß höchstens allgemeine Aehnlichkeiten aufgefunden werden können. Indem die Natur den Luftdruck zu ihren Zwecken benutzt, die Schmiere nach Bedarf in die Gelenkhöhle einführt oder in Nebenbehälter ableitet, passende höhere Curven den Gelenkstücken verleiht und elastische Zwischenmassen einschaltet, erspart sie viele Nebenstücke, die wir an den Gelenken unserer Maschinen anbringen müssen. Ihre Apparate arbeiten daher auch vielseitiger. Die einzelnen Theile können überdieß ihre Bestimmungen ändern. Es ist daher auch unmöglich, die Gelenke unseres Körpers in scharf geschiedene Klassen zu sondern.

Sollen Skelettgebilde von ungleicher Beschaffenheit in ihrer gegenseiti- 2541
gen Stellung unverrückt erhalten werden, so werden sie wie ein Nagel in eine Holzmasse eingefügt. Die Einkeilung (Gomphosis) der Zähne beruht auf dieser Vereinigungsweise. Die breiteren Backzähne erreichen hierbei die nöthige Festigkeit mittelst der Zahl und die schmaleren Eckzähne mittelst der Länge ihrer Wurzeln (Bd. I. §. 488.).

Es kommt seltener vor, daß sich ein Knochen in eine Rinnenvertiefung 2542
benachbarter Skeletttheile einschiebt. Der untere Rand der Pflugschaar ist auf diese Weise mit den Oberkiefer- und den Gaumenbeinen verbunden.

Drängen sich zwei Knochen mit ihren Grenzflächen genauer an ein- 2543
ander, so werden in der Regel ihre Ränder uneben, damit sich die Berührung und der Zusammenhang verstärken. Nur kleinere Knochen, die keinen größeren Gewalten zu widerstehen haben, machen eine Ausnahme hiervon. Sie verbinden sich, wie die Nasenbeine, in ebeneren Flächen oder wie man sich ausdrückt, durch Harmonie. Die übrigen bilden Näthe, deren Formen nach Maaßgabe der Verhältnisse wechseln. Die Schuppennath des Schläfenbeines kann in dieser Beziehung die eine und die Zackennath der Scheitelbeine die andere Form versinnlichen.

Sind auch hier die Knochen so nahe, als möglich zusammengerückt 2544
und auf das Innigste vereinigt, so befindet sich doch eine geringe Menge einer knorpeligen und elastischen Zwischenmasse an der Verbindungsstelle. Die Beweglichkeit geht so gut, als gänzlich verloren. Die Theile können aber äußeren Gewalten leichter, als wenn sie aus einem Gusse geformt wären, widerstehen. Diese Absicht liegt wahrscheinlich allen Verbindungsweisen, die wir eben betrachtet haben, oder den Synarthrosen zum Grunde.

Soll ein Theil der Schutzgebilde höhere Grade von Spannkraft be- 2545
sitzen, so ersetzen Knorpel die Knochenmasse. Beide vereinigen sich auf das Innigste, so daß sich der Zug des Knochens auf den knorpeligen Theil unmittelbar fortpflanzt. Die vorzüglichsten Muskeln heften sich daher auch an jenen. Hört aber die Wirkung auf, so springt der Knorpel elastisch zurück. Der Rippenkorb benutzt diese Verhältnisse im ausgedehntesten Maaße (Bd. I. §. 173.).

Stellen wir uns vor, daß die Wirkung auf ihren geringsten Werth 2546
zurückgeführt werden solle, so wird sich die elastische Anfügungsmasse auf einen möglichst kleinen Raum beschränken. Wir kehren dann gewissermaaßen zu den §. 2544. erläuterten Verhältnissen der Näthe zurück. Die Syn-

chondrosen und die Symphysen, die sonst im Körper vorkommen, bilden die nächst höheren Zwischenglieder. Bestehen die Einkeilungsstücke aus umfangreicheren und derberen Fasermassen, deren Elemente in bestimmten zweckmäßigen Richtungen verlaufen, so werden hierdurch noch manche Nebenvortheile erzielt. Die nöthigen Grade von Festigkeit und beschränkter Nachgiebigkeit vereinigen sich z. B. auf diese Weise in der Verbindung des Kreuzbeines mit den Darmbeinen und in der der Schaambeine und des Kreuzbeines mit dem Steißbeine. Die straffen Fasern der Beinhaut und der Bänder können noch den Zusammenhang unterstützen.

2547 Es versteht sich von selbst, daß die Knochenflächen, an die sich die Zwischenstücke dieser halbbeweglichen Verbindungen oder der Amphiarthrosen anlegen, keine unmittelbare Fortsätze, die zur gegenseitigen Einfügung der harten Theile nöthig sind, zu besitzen brauchen. Sie erhalten nur eine größere Zahl kleinerer Unebenheiten, welche die Oberfläche rauh machen, damit ausgedehntere Ansätze für die verhältnißmäßig weicheren Zwischenmassen gewonnen werden.

2548 Die Schaltgebilde sind auch häufig so gebaut, daß sie den beschränkten Grad von Beweglichkeit, der erreicht werden soll, zweckmäßig unterstützen. Wir können uns dieses an den Zwischenknorpeln der Wirbelsäule versinnlichen.

Wir sahen (§. 2503.), daß die Wirbelkörper, wie eine Reihe von Klötzen über einander geschichtet sind. Die weicheren Zwischenknorpel, die ihre Knochenmassen trennen, machen es möglich, daß das Ganze die Merkmahle eines beweglichen elastischen Stabes gewinnt [1]). Er biegt sich der Anordnung der Theile gemäß von vorn nach hinten und umgekehrt. Die Wirbelkörper drehen sich dagegen nicht in bedeutendem Grade um ihre Längenachse.

Der Bau der Zwischenknorpel entspricht diesen Bedingungen. Fig. 81. [s. S. 171.] zeigt uns einen senkrechten, neben den Dornfortsätzen geführten Längendurchschnitt zweier Lendenwirbel eines erwachsenen Mannes. *a* gehört dem vierten und *b* dem fünften Lendenwirbelkörper, *e*, *d* und *c* dagegen den entsprechenden Bogentheilen an. *h* bildet den Kern des Zwischenknorpels. Er sondert das Ganze in eine vordere und eine hintere Abtheilung. Jene hat ihre vorderen Faserzüge oder Schichtlagen in *f* und ihre hinteren in *g*, diese dagegen ihre beiderseitigen Schichtgänge in *i* und in *k*.

Biegt sich die Wirbelsäule nach vorn, so werden die vorderen Faserzüge zusammengedrückt und eingelegt, die hinteren dagegen gestreckt. Die Masse der Zwischenknorpel springt dann bei stärkerem Drucke nach vorn vor. Sie kehrt in ihre frühere Lage, wenn die Wirkung aufhört, zurück. Die weicheren Zwischenmassen können passend nachgeben. Die elastischen gelben Bänder, die sich zwischen den Wirbelbogen hinziehen,

---

[1]) J. A. Borelli, De motu animalium. Pars I. Lugd Batav. 1685. 4. p. 83.
[2]) E. Weber, in Meckel's Archiv. 1827. S. 127 W. u. Ed. Weber, a. a. O. Seite 94. Taf. II. Fig. 2.

Fig. 81.

spannen sich, wenn sich die Wirbelsäule nach vorn biegt und erschlaffen im entgegengesetzten Falle.

Bloße Bandmassen vermitteln auch ausnahmsweise die Verbindung 2549
zwischen verschiedenartigen Knochengebilden. Das Aufhängeband des Zungenbeines vereinigt auf diese Weise die kleinen Hörner des Letzteren mit dem Griffelfortsatze. Es nimmt oft eine größere Härte an und kann selbst bisweilen theilweise verknöchern.

Gehen wir nun zu den freieren Gelenken über, so finden wir einzelne 2550
Bildungen, die ihren Wirkungen nach an die unvollständigen Dreh-, die Charnier- und die Nußgelenke unserer Maschinen erinnern. Die Bewegungen bleiben sich in manchen für alle Fälle gleich, während sie in anderen mit der Verschiedenheit der Nebenbedingungen wechseln.

Gleiten ebene oder schwach gekrümmte Flächen an einander in engen 2551
Bezirken dahin, so ist der geringste Spielraum gestattet, wenn benachbarte Bandmassen oder die Knochentheile selbst jede weitere Verrückung hindern. Die fast ebenen Gelenkflächen der meisten schiefen Fortsätze der Wirbelkörper liefern in dieser Hinsicht eines der einfachsten Beispiele. Die Verbindungen des ersten Halswirbels mit dem Hinterhauptsbeine, der Rippenköpfchen mit den Querfortsätzen der Wirbel, des Schlüsselbeines mit dem Brustbeine und der Gräthenecke des Schulterblattes, die Hand- und die Fußwurzelknochen gehören ebenfalls hierher. Das Kiefergelenk kann uns versinnlichen, wie ein größerer Spielraum durch die passende Ortsveränderung der Gelenktheile gewonnen wird. Der Kopf der Unterkinnlade kann nach

Bedürfniß seine Gelenkgrube verlassen. Diejenigen strafferen Gelenke, die einen größeren Grad von Beweglichkeit darbieten, zeigen uns übrigens manche Uebergänge zu den noch zu betrachtenden freieren Gelenken.

2552 Die Winkelgelenke oder Charniere (Ginglymi) zeichnen sich dadurch aus, daß sie nur in der Richtung einer Achse oder Ebene bewegt werden. Bedienen wir uns der Ausdrücke, die wir für die thierischen Werkzeuge gebrauchen, so gestatten sie bloß Beugung und Streckung und keine Drehung, die eine andere unbewegliche Linie voraussetzt. Die Natur schlägt aber keinen Stift, wie wir es thun, ein, um die Bewegung zu hemmen. Sie überträgt vielmehr diese Bestimmung den Knochenformen und den Bändern. Die erhabenen und ausgeschnittenen, gegenseitig spielenden Flächen besitzen Kanten und Rinnen, die sich jedem Versuche der Seitendrehung entgegenstemmen. Der Luftdruck und die Bänder halten die Theile zusammen, damit nicht eine übermäßige Entfernung derselben den Nutzen, den die Gestalt der Hartgebilde gewährt, aufhebt. Die Bandmassen beschränken überdieß oft noch die Beweglichkeit und ergänzen gleichsam die Bedingungen, die von den Skelettstücken dargeboten werden.

2553 Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, daß Mittelbildungen zwischen Winkel- und vollkommneren Drehgelenken möglich werden. Die Phalangen-Gelenke der vier Finger stellen auf diese Weise reine Charniere dar. Ihre Verbindung mit den Mittelhandknochen aber geht bei der Schwäche der Seitenbänder in ein Drehgelenk über.

2554 Betrachten wir das Ellenbogengelenk im Ganzen, so bildet es ein vollkommenes Winkelgelenk. Es gestattet nur Beugung und Streckung. Der Hakenfortsatz des Ellenbogenbeines hemmt selbst in dieser Hinsicht jede unzweckmäßige Ausdehnung der Bewegung nach hinten (§. 2522.) und der Kronenfortsatz desselben jede übermäßige Annäherung nach vorn.

2555 Die Wirkung, die es als Winkelgelenk ausübt, bezieht sich vorzugsweise auf den Oberarm und die Ellenbogenröhre, und nur in untergeordnetem Grade auf ihn und die Speiche. Diese erhält aber noch ein beschränktes wagerechtes Drehgelenk, welches bei der Pronation und Supination der Hand in Anspruch genommen wird. Es nimmt dafür an der Beugung und Streckung nicht Theil.

Lassen wir die Ringfasern bei Seite, so geht zu diesem Zwecke die Speiche durch einen Schlitz des Seitenbandes. Hätte es sich an seine Masse in der nöthigen Ausdehnung angeheftet, so wäre die wagerechte Drehung in hohem Grade beschränkt, wo nicht überhaupt unmöglich gemacht worden.

2556 Finden wir auf diese Weise Charnier- und Drehbewegung an den einzelnen Theilen des Ellenbogens neben einander, so haben wir schon früher (§. 2523.) gesehen, wie das Kniegelenk im Ganzen beiden Bestimmungen nach Verschiedenheit der Lage der Knochen genügen kann. Der Oberschenkel geht zwar am Kniee in zwei durch eine mittlere Vertiefung getrennte Rollen aus. Da aber die Gelenkfläche des Schienbeines sehr flach ist, so müssen hier Weichgebilde in ausgedehnterem Maaße zur Hemmung zu Hilfe gezogen werden. Die runden Gelenkköpfe des Oberschenkels wer-

den sich überdieß bei ihren Drehungen ungefähr nach Art eines Rades von dem Schienbeine abwickeln.

Sind die starken Seitenbänder gespannt, so erinnert das Knie an ein Charnier. Die Beugung und Streckung kann allein mit Leichtigkeit vollführt werden. Biegen sich aber Ober- und Unterschenkel gegen einander, so erschlaffen nach Weber[1]) die Seitenbänder in ungleichem Maaße und zwar das äußere mehr, als das innere. Es kann sich dann der innere Gelenkkopf des Oberschenkels in seiner Vertiefung drehen, während der äußere den ortsverändernden Bogen beschreibt. Pronation und Supination werden auf diese Weise möglich. Die Kreuzbänder verhüten aber in jeder Stellung, daß sich die Gelenkknorren des Oberschenkels auf dem Schienbeine schleifend verschieben.

Da nur dieser letztere Knochen an dem Kniegelenke des Oberschenkels Theil nimmt und die aufrechte Stellung eine große Festigkeit des gestreckten Gliedes verlangt, so mußten die Bewegungen, die in dem Ellenbogen auf neben einander liegende Gebilde vertheilt sind, zeitlich verschiedenen Bedingungen am Kniee überliefert werden. Dieser Umstand, die schon früher erläuterten Gefahren des Druckes und des Stoßes, die sich hier in hohem Grade geltend machen, und der Mangel an knöchernen Sperrhaken und anderen Hemmungsvorrichtungen erklären es, weshalb sich das Kniegelenk durch die Mannigfaltigkeit seiner Bänder und Faserscheiben in hohem Grade auszeichnet.

Der Zahnfortsatz des zweiten Halswirbels spielt wie ein Zapfen, dessen 2557
wagerechte Achse um einen Theil eines Kreises gedreht zu werden vermag. Der Kopf und der erste Halswirbel können sich um ihn von einer Seite zur anderen wenden. Die Form der Knochen und eigene Bandmassen hemmen hier in dem Grade, daß nur eine wagerechte Dehnung von 40° bis 45°, wie wir später sehen werden, gestattet ist.

Die Nußgelenke oder Arthrodieen können vielseitiger arbeiten. Spielt 2558
hierbei ein kugelförmiger Kopf an einer ebeneren oder kleineren Gelenkfläche, so wird die Möglichkeit der Achsenwendung weniger beschränkt, als wenn ihn seine Gelenkvertiefung theilweise umfaßt. Man nennt auch diesen zweiten besonderen Fall eine Enarthrose. Sie findet sich in dem Hüftgelenke. Die Schulter dagegen bildet die vollkommenste Arthrodie und daher auch das freieste Gelenk unseres Körpers. Die Gräthenecke führt hier allein die Ungebundenheit auf das passende Maaß der Wirkung zurück.

Die Verrenkungen entstehen dadurch, daß die Weichgebilde, die das Ausgleiten der Knochen hindern oder beschränken, zerreißen oder im Uebermaaße nachgeben. Die mechanischen Bedingungen jedes einzelnen Gelenkes bestimmen es, ob solche Unregelmäßigkeiten häufiger vorkommen oder nicht und in welchen Richtungen der eine Knochentheil unter den gewöhnlichsten störenden Ursachen auszuweichen pflegt. Schlaffe Gelenke, die schon im gesunden Zustande in geringerem Maaße gesperrt werden, verrenken auch leicht. Die Schulter unterliegt daher sehr häufig in dem Kampfe mit ungewöhnlichen

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 169.

äußeren Gewalteinflüssen. Kleinere oder größere Störungen treffen häufig das Kiefergelenk derselben Ursache wegen (Bd. I. §. 489.).

Es kommt nicht selten vor, daß sich unter krankhaften Verhältnissen neue Gelenkflächen an ungewöhnlichen Orten erzeugen. Reiben sich dann zwei Knochenstücke unmittelbar an einander, so bildet sich mit der Zeit eine faserknorpelige Masse (Bd. I. S. 718.), die eine Art beweglicher und schmerzloser Verrückung möglich macht.

Leidet ein Mensch an freiwilligem Hinken, so daß der Kopf seines Oberschenkels auf die äußere Fläche des Hüftbeines gelangt ist, so bildet sich hier nach und nach eine glatte und oft mit einem Knochenwalle umgebene Vertiefung. Der reibende Theil des Oberschenkelkopfes plattet sich nicht selten ab. Die alte nicht mehr gebrauchte Pfanne verkleinert sich und nimmt dabei unebene Formen, die sie sonst nicht hat, an. Der kleine Rollhügel pflegt sich daher zu vergrößern, der Schenkelhals dagegen zu verkürzen. Die Rollhügel verkleinern sich dagegen oft bei Anchylose des Hüftgelenkes.

Sind Knochen in Folge von angeborenen Mißbildungen gespalten, so hängt es von ihrer gegenseitigen Entfernung ab, ob sich zwischen ihnen Gelenke bilden oder nicht. Sie fehlen bei der Spaltung des hinteren Theiles der Wirbelsäule. Unsere Sammlung besitzt aber einen Fall einer angeborenen Spaltung des ersten Halswirbels, in dem sich die getrennten Knochenstücke unmittelbar an einander rieben und in dem auch ein Gelenk zwischen ihnen vorhanden war.

Die sogenannten künstlichen Gelenke, welche die unvollkommene Heilung der Knochenbrüche begleiten, sind schon Bd. I. §. 1715. erwähnt worden.

2559 **Sehnen.** — Während sich viele Muskeln zu ihren Hebeln unmittelbar begeben, benutzen andere die Sehnen oder sehnigte Häute als Zwischenglieder. Es kommt auch vor, daß sich ein Sehnentheil in die Mitte des Verlaufes der Muskelfasern einschaltet. Der Schulter-Zungenbeinmuskel (Omohyoideus) liefert das auffallendste Beispiel dieses zweiten Falles.

2560 Gelingt es, die gegenseitige Verbindung der Muskeln und der Sehnenfasern unter dem Mikroskope zu verfolgen, so sieht man, wie jene abgerundet schließen. Der unterste Theil derselben kann sich noch hierbei verschmälern. Die Sehnenbündel umfassen aber das Ende der Muskelfaser.

Denken wir uns die Sache schematisch dargestellt, so ist *a* Fig. 82. die quergestreifte Faser, *b* deren unterster Endtheil, *c* der Sehnenansatz und *d* die Sehne; die letztere nimmt einen kleineren Raum, als die Muskelfaser ein. Sie bildet gleichsam einen dünneren und hinreichend festen Strick, der die von der verkürzten Muskelmasse entwickelte Kraft auf entfernte Punkte überträgt.

Fig. 82.

2561 Betrachten wir die Sehnenbündel, wie sie sich dem freien Auge zeigen, so nehmen zwar meist ihre Endflächen die Muskelstücke auf. Es kommt jedoch auch bisweilen vor, daß sich noch außerdem Muskelfasern seitlich ansetzen. Man sieht leicht, daß diese Nebenbedingung die Raumersparniß vergrößern kann.

2562 Einer der Vortheile, welche die Sehnen darbieten, fußt auf dieser Anordnung. Mangelten die sehnigten Zwischengebilde, so hätten die Hebel eben so ausgedehnte Ansatzflächen, als ihre Muskelmassen fordern, besitzen müssen. Es wäre hierdurch keine Kraft gewonnen, dagegen Raum und Knochensubstanz unnütz vergeudet worden. Das Fersenbein hätte so breit, als die unteren Ausläufer der Wadenmuskeln werden müssen. Die Einschaltung der Sehnen macht es dagegen möglich, daß umfangreiche Muskeln kleinere Knochentheile, wie das Fer-

senbein, den Kronenfortsatz des Unterkiefers, die Glieder der Finger und der Zehen u. dgl. beherrschen können. Muskeln, die von ausgedehnten Flächen entspringen, können auf diese Weise ihre Wirkungen auf kleine wichtige Punkte übertragen. Der breite Rückenmuskel (Latissimus dorsi), der Untergräthenmuskel (Infraspinatus) und der Unterschulterblattmuskel (Subscapularis) werden uns dieses am Besten versinnlichen.

Wählte die Natur die Sehnen zu Vermittelungsgliedern, so konn- 2563
ten die Muskeln an passende, von ihren Hebeln entfernte Orte verlegt werden. Manche Theile, die schlankere Gestalten ihrer Bestimmung nach forderten, waren auf diese Weise in den Stand gesetzt, ihre wirksamen Zugkräfte von Orten, die reichlichere Muskelmassen aufzunehmen vermochten, zu entnehmen. Ein großer Theil der Muskeln der Finger und der Zehen wurden so an dem Vorderarme und dem Unterschenkel angebracht.

Die Ursprünge der Muskeln bedienen sich oft zu ihrem Vortheile 2564
ähnlicher Verhältnisse. Viele beginnen mit sehnigten Häuten oder Sehnen. Sie können daher von schmalen Knochenkanten und überhaupt von kleineren Oberflächen ausgehen. Die Sehne des langen Kopfes des zweibäuchigen Armmuskels (Biceps brachii) macht es möglich, daß hier der Anfangstheil das Schultergelenk durchsetzt und sich an die Lippe der Gelenkhöhle des Schulterblattes anfügt.

Der umgekehrte Fall, daß der Muskel mit einer selbstständigen Sehne 2565
anfängt und sich dafür unmittelbar mit Muskelfasern anheftet, gehört zu den Seltenheiten. Man kann z. B. unter diesem Gesichtspunkte den Kniekehlmuskel (Popliteus) auffassen.

Die Einschaltung von Sehnenfasern giebt ein Mittel an die Hand, 2566
die Länge der Muskelfasern den Bedürfnissen gemäß wechseln zu lassen. Es kann z. B. auf diese Weise eine größere Menge in kürzeren Zwischenräumen eingelegt werden. Zunahme an Kraft und Abnahme an Verkürzungsgröße vermögen sich so gegenseitig zu verbinden, ohne daß deshalb der Angriffspunkt selbst näher zu rücken braucht.

Wir werden später kennen lernen, weshalb sich viele Muskeln, die 2567
einzelne Theile des Armes oder des Beines beugen oder strecken, in der Nähe der Gelenke, von denen diese Bewegungen abhängen, anheften.

Hätten sie keine Sehnen besessen, so wäre nicht bloß das Ganze unförmlicher ausgefallen, sondern es hätten selbst die Bewegungen des Gelenkes größere Hindernisse getroffen. Wir finden also hier einen mechanischen Vortheil, der den Gelenken selbst zu Gute kommt.

Ein anderer Vorzug kann sich aber auch noch auf die Wirkungsweise 2568
der Muskeln beziehen. Wir werden in der Folge sehen, daß die Natur nicht selten rollenartige Vorrichtungen benutzt, um eine bestimmte Thätigkeitsrichtung zu erreichen. Die Muskeln werden zwar selbst schon bisweilen zu diesem Zwecke um andere Körper herumgeleitet. Die schmalen Sehnen eignen sich aber noch leichter hiezu, weil der Körper, der als Rolle dient, einen kleineren Raum einzunehmen braucht. Ein untergeordneter Knochenvorsprung oder ein anderer Theil von geringem Um-

fange kann schon hier dem Bedürfnisse genügen. Die Natur benutzt daher auch häufiger die Sehnen, um in dieser Hinsicht zum Ziele zu gelangen.

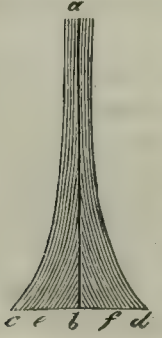
2569 Die Muskeln können nur dann, wenn sie gespannt oder zusammengezogen sind, hinreichend feste Ausgangspunkte für andere Muskeln geben. Die Sehnen eigenen sich hierzu schon eher ohne weitere Nebenbedingung. Wir haben auch wahrgenommen (§. 2564.), daß einzelne Muskeln von ihnen allein ausgehen.

2570 Die Kraft der Muskeln kann endlich noch durch die Nebenhilfe der Sehnen gewinnen. Die Raumersparniß, welche die Einschaltung der Sehnen bedingt (§. 2561.), macht es möglich, daß sich eine größere Menge von Muskelfasern ansetzt. Wir werden aber später finden, daß die Kraft der Muskeln mit der Zahl und nicht mit der Länge der Muskelfasern wächst. Steht eine beschränkte Knochenfläche zu Gebote, so vermag ein Muskel mehr Fasern zu enthalten, wenn er mit einer sehnigten Ausbreitung beginnt, als wenn er unmittelbar anfängt (§. 2562.). Dasselbe gilt auch für sein entgegengesetztes Ende.

2571 Eingelegte Sehnen oder Sehnenstücke trennen bisweilen einzelne Muskelmassen in eine Reihe untergeordneter Theile. Der Schulter-Zungenbeinmuskel (Omohyoideus), der zweibäuchige Unterkiefermuskel (Digastricus maxillae inferioris) und der gerade Bauchmuskel (Rectus abdominis) gehören z. B. hierher. Ein größerer Muskel zerfällt so in eine Reihe aliquoter Abschnitte, die gemeinschaftlich oder gesondert wirken können. Geschieht das Letztere, so geben die Sehnenfasern weniger nach und übertragen die Wirkung sicherer und einfacher, als die erschlafften Muskelfasern. Der geringere Raum, den die sehnigten Gebilde einnehmen, gewährt den Vortheil, daß ihre Masse dünner wird, ohne an Kraft zu verlieren, oder daß vollständigere Sehnen andere Theile, wie bisweilen die des zweibäuchigen Kiefermuskels (Digastricus maxillae inferioris) den Griffel-Zungenbeinmuskel (Stylohyoideus) leichter durchsetzen. Die Verminderung der Reibung, die wir später kennen lernen werden, kann auch hier unter gewissen Nebenbedingungen zu Statten kommen.

2572 Die Sehnen verbreitern sich oft an denjenigen Stellen, an denen sie mit den Muskeln zusammenhängen, um eine größere Zahl von Muskelfasern aufnehmen oder was dasselbe ist, bedeutendere Kraftwirkungen übertragen zu können. Sie verwandeln sich später in einen dünneren rundlichen bis plattrundlichen Strang und ersparen hierdurch an Raum. Gelangen sie aber zu den ihnen entsprechenden Knochen, so spreizen sich meist ihre Bündel von Neuem aus. Denken wir uns, *a* Fig. 83. sei die Breite der Sehne in der Mitte ihres Verlaufes, so geht nur ihr Achsentheil *ab* gerader herab. Das Uebrige setzt sich nicht mit demselben Querdurchmesser *ef*, sondern mit dem größeren *cd* an.

Fig. 83.



Besitzt *a* Festigkeit genug, um alle Zugwirkungen ohne Nachtheil zu übertragen, so wird hierdurch an Oberfläche oder wenigstens an Breite des Ansatzes gewonnen.

Ein Knochen kann in ausgedehnterem Maaße beherrscht werden, ohne daß deshalb unnöthiger Raum für die Zwischenverbindungen verloren geht. Eine Knochenkante ist im Stande, die Wirkung eines Muskels ihrer ganzen Länge oder Breite nach zu empfangen. Die runde Sehne würde dagegen nur einem kleineren Theil, dessen Durchmesser in allen Richtungen gleich sind, gebieten. Wir werden aber später sehen, daß manche Vortheile der Hebelwirkungen auf diesem Wege erreicht werden.

Sollten die Sehnen den ihnen von den Muskeln mitgetheilten Zug mit 2573
möglichst geringem Kraftverlust übertragen, so durften sie nicht in bedeutendem Grade nachgeben, oder sich in merklicher Weise elastisch ausdehnen. Ihre Masse unterscheidet sich auch in dieser Hinsicht von der des Zellgewebes, dem sie ihren Formelementen nach am nächsten liegt (Bd. I. §. 60.). Sie mußte fest genug sein, um den kräftigsten Einflüssen zu widerstehen. Jede sprödere Verbindung hätte dieser Foderung nicht genügt.

Leitungsgebilde und Scheiden der Sehnen. — Halten wir 2574
den Vergleich der Sehnen mit Zugstricken fest, so würde häufig die Gefahr drohen, daß sie ihre vorgeschriebene Bahn ohne weitere Nebenbefestigung verließen. Da aber die Sehnenmasse selbst hin- und hergleiten muß, so konnten nur Fürchen, Rinnen, Durchgangscanäle oder besondere Haltbänder die erforderliche Nebenhilfe leisten.

Die Sehnen des langen und des kurzen Wadenbeinmuskels (Peroneus longus und brevis) *w* und *y* der §. 2965. beigegebenen Figur, gehen in ihren Leitungsrinnen neben dem äußeren Knöchel dahin und werden noch später durch Fasergebilde zurückgehalten. Das Kreuzband leistet ähnliche Dienste für die Sehnen des vorderen Schienbeinmuskels (Tibialis anticus), den langen Strecker der großen Zehe (Extensor hallucis longus) und den langen gemeinschaftlichen Zehenstrecker (Extensor digitorum pedis longus) *x*. Ein eigenes Schleuderband umschlingt zu gleichem Zwecke die Sehnen des letzteren Muskels[1]). Die queren, scheidenartigen und gekreuzten Bänder der Sehnen der Fingerbeuger liefern das deutlichste Beispiel, wie besondere Weichgebilde zur Sicherheit der Wirkungsrichtung der Anziehstränge geschaffen werden.

Die Gelenkschmiere setzt, wie wir sahen (Bd. I. §. 95.), die Reibung 2575
der an einander gleitenden Oberflächen der Gelenke herab. Die Schleimbeutel und die Sehnenscheiden leisten dasselbe für die weicheren Bewegungswerkzeuge.

Denken wir uns, ein Muskel oder eine Sehne habe die Bestimmung, an einer Knochenoberfläche dahinzugleiten, so würden die gegenseitigen Unebenheiten einen nicht unbedeutenden Reibungswiderstand erzeugen. Die Natur schaltet daher Schleimbeutel ein. Sie bilden besondere Säcke, die mit einer serösen Flüssigkeit gefüllt sind und den nöthigen Grad von Nachgiebigkeit besitzen. Die eine Wand ist an den Knochen und die andere an den dahingleitenden Weichgebilden angewachsen. Die sich bewegenden

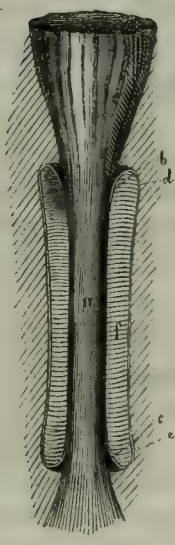
[1]) Retzius, in Müller's Archiv. 1841. 8. S. 497 — 505.

Flächen spielen dann wieder in einer schlüpferigen Flüssigkeit. Der Reibungswiderstand wird daher in hohem Maaße verkleinert.

2576 Da die Gelenkschmiere den Inhalt der Schleimbeutel vertreten kann, so kommt es auch vor, daß sich einzelne Schleimbeutel in eine benachbarte Gelenkhöhle öffnen. Der des Unterschulterblattmuskels (Subscapularis) hängt auf diese Weise mit dem Schultergelenke zusammen. Wir haben auch schon früher (§. 2535.) gesehen, wie Verlängerungen der Gelenkkapsel des Kniees Schleimbeutel ersetzen.

2577 Die Sehnenscheiden bilden nur eine andere Form derselben Einrichtung. Denken wir uns ihre vollkommenste Gestalt, so sei *a* Fig. 84. eine freie Sehne, die in einer Sehnenscheide läuft. Diese umgiebt sie dann, wie ein von beiden Seiten aus eingestülpter Sack. Die Sehne selbst *a* ist mit dem inneren Blatte *bc* verwachsen, während sie das äußere *de* frei und locker umringt. Befindet sich aber die seröse Flüssigkeit zwischen beiden, so gleitet die Sehne *a* an eingeschmierten schlüpferigen Flächen dahin und stößt daher auf fast gar keine Reibungshindernisse. Manche Sehnenscheiden, wie die der Fingerbeuger der Hand, bilden gewissermaßen Schleimbeutel. Die Sehne liegt auf dem serösen Sacke, drängt aber den ihnen entsprechenden Theil der Wand in das Innere hinein. Verrücken sich die Sehnen nicht, so fehlen auch die Scheiden. Sie mangelt daher an der Sehne des langen Rückwärtswenders (Supinator longus)[1], weil benachbarte Fasern der Vorderarmbinde die nöthige Lage zu sichern im Stande sind.

Fig. 84.



2578 Faserscheiden. — Das unter dem Namen des Perimysium bekannte Zellgewebe sondert die einzelnen Muskelfaserbündel. Da es mit Ernährungsflüssigkeit durchtränkt, weich und nachgiebig ist, so können sich die Muskeln mit Leichtigkeit verkürzen und in ihren Querdurchmessern auf Kosten ihrer Länge vergrößern. Müssen sie dahingleiten, so verkleinern sich wiederum die Reibungshindernisse.

2579 Die zellgewebigen Zwischenmassen trennen auch oft die einzelnen Muskeln von ihren Nachbargebilden. Wird aber eine größere Festigkeit nothwendig, so bilden sich dichtere faserhäutige Ausbreitungen, die wir mit dem Namen der Aponeurosen bezeichnen. Stärkere fortlaufende Blätter umgeben dann kapselartig einzelne Gruppen von Muskeln oder Muskelbündeln in einseitiger oder allseitiger Weise. Sie bestehen im Wesentlichen aus Fasern, die zwischen denen des Zellgewebes und der Sehnen in der Mitte stehen. Elastisches Gewebe kann noch nach Bedürfniß hinzutreten.

2580 Machen sie aber auf diese Weise die Muskeln, die sie scheidewand-

[1] F. W. Theile, in S. Th. Sömmerring, Lehre von den Muskeln und Gefäßen des menschlichen Körpers. Abth. I. Muskeln. Leipzig. 1841. 8. S. 13 u. 248.

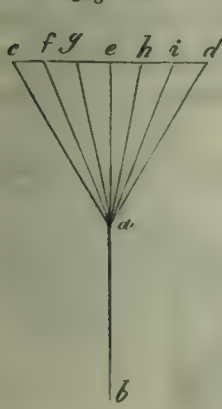
artig trennen oder vollkommen einhüllen, selbstständiger, und liefern sie nicht selten neue Ansatzpunkte für einzelne Muskelfasern, so halten sie anderseits, wie ein fester Verband, größere Muskelmassen inniger zusammen. Die Theile, die so mittelst einer Binde vereinigt werden, können als ein Ganzes wirken. Es setzen sich daher auch einzelne sehnigte Ausläufer von Muskeln an vollständige Binden an (§. 2462.).

Die Faserhäute, welche die Bestimmung der Aponeurosen übernehmen, 2581
können auch ungleichartige Theile scheidewandartig abschließen. Die Beckenaponeurose vermag uns dieses Verhältniß zu versinnlichen.

Der stärkere Abschluß, den die Aponeurosen bedingen, giebt sich noch in vielen krankhaften Zuständen zu erkennen. Eiterablagerungen, die innerhalb der festeren Binden zu Stande kommen, wandern oft leichter in dem nachgiebigeren Zellgewebe längs der Sehnenscheiden und anderer weicherer Gebilde fort. Wollen sie aber die Aponeurosen durchbrechen, so haben sie einen größeren Widerstand zu überwinden.

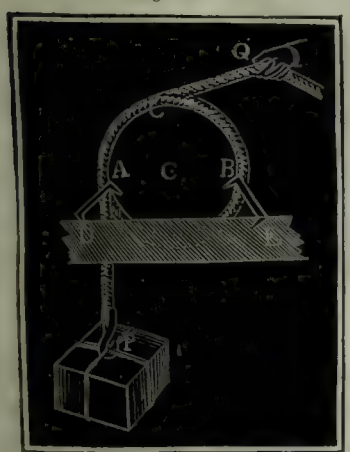
Gerader und gekrümmter Verlauf der Muskeln und 2582
Sehnen. — Es kommt im Ganzen seltener vor, daß einander der Stützpunkt *e* Fig. 85. und der Angriffspunkt *a* eines Muskels oder einer zu ihm gehörenden Sehne *b* gerade gegenüber liegen und daß *ce* und *cb* auf den ihnen gehorchenden Flächen senkrecht stehen und die kürzesten Wege durchlaufen. Beide verbinden sich häufiger durch schief gestellte gerade Linien *ha*, *ia*, *da*. Die Muskelfasern oder sie und ihre Sehnen müssen daher größere Längenwege durchlaufen.

Fig 85.



Die Form der Körpergebilde wird es schon 2583
häufig bedingen, daß hierbei die Muskeln und Sehnen die ebene Bahn verlassen und gebogene Wege aufsuchen. Dieses Verhältniß muß die Richtung, in der die Verkürzungsgebilde wirken, ablenken. Die Theile, die den gekrümmten Verlauf veranlassen, werden im ungünstigsten Falle wie eine unbewegliche Rolle, über der ein Strick dahingeht, wirken. Wäre das Seil *QC* Fig. 86. in *C* befestigt, so würde der Zug der in *Q* befindlichen Hand in der Richtung *QC* thätig sein. Bezeichnet aber *ACB* den Querschnitt eines runden Baumstammes, der auf *DE* befestigt ist, so daß ihn das Seil auf dem Wege *QCP* umschlingt, so hebt der Zug der Kraft *Q* die Last *P* in der Richtung *PA* empor.

Fig. 86.



Es versteht sich von selbst, daß ein gro- 2584
ßer Theil der Muskeln erst auf diesem Wege seine wahre Bestimmung erhält. Die, welche ihre Knochen oder ganze Glieder um eine ihrer Querachsen drehen, schlingen sich häufig um Skelettstücke und Weichgebilde. Der kurze Rückwärtswender (Supinator brevis) windet sich unmittelbar um die Speiche. Der

runde Vorwärtswender (Pronator teres) ruht zugleich auf dem unterſten Stücke des inneren Armmuskels und zum Theil auf dem kurzen Rückwärtswender.

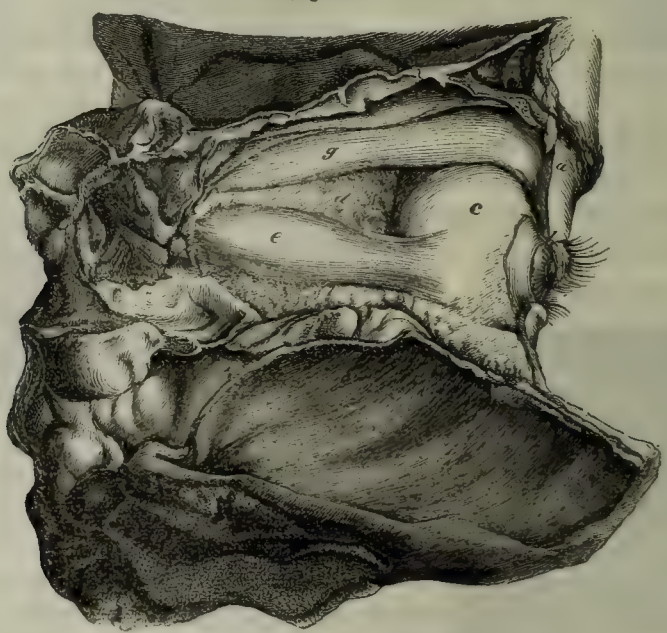
2585 Da der gekrümmte Verlauf den Weg vergrößert, ſo kann er auch benutzt werden, um verhältnißmäßig ſehr lange Muskelfaſern herzuſtellen und ſo bedeutende Verkürzungen, nicht aber eine Erhöhung der Kraftwirkung zu bedingen. Die Biegung des Schneidermuskels (Sartorius) ſcheint dieſen Nebenvortheil zu gewähren (§. 2615.).

2586 Die Knochen ſelbſt geben häufig Gelegenheit, daß ſich ein Muskel oder eine Sehne wie ein Seil um eine unbewegliche Rolle ſchlägt. Der Haken des Flügelfortſatzes leiſtet dieſen Dienſt für den Gaumenſpanner (Circumflexus palati) und das Sitzbein für den inneren Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus). Reichen ſie nicht aus, ſo werden, wie wir ſahen (§. 2584.), andere Muskeln und Weichgebilde überhaupt, die ohnedieß zu Gebote ſtehen, zu Hilfe gezogen. Der Muskel braucht dann nur verhältnißmäßig oberflächlicher zu verlaufen, damit dem beabſichtigten Zwecke entſprochen werde.

2587 Es kommt aber auch vor, daß keine Nachbargebilde, welche dieſe Rolle übernehmen könnten, vorhanden ſind und daß daher eigene Polſter oder Ringe geſchaffen werden müſſen, um zum Ziele zu gelangen. Die Augenhöhle kann uns dieſes am Anſchaulichſten machen.

Bildet *ab* den Durchſchnitt des oberen Augenlides, *c* den Augapfel,

Fig. 87.



d das Fettpolſter der Augenhöhle, *e* den inneren geraden Augenmuskel (Rectus internus) und *fg* den Aufheber des oberen Augenlides (Levator palpebrae superioris), ſo zeigt uns ſchon die Abbildung, wie ſich der zuletzt genannte Muskel gleich einem Seile, das über eine Rolle geht (Fig.

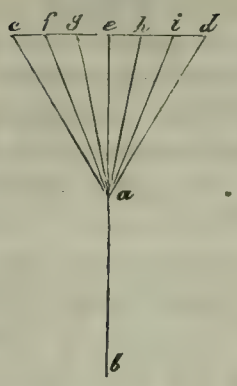
86.), um den Augapfel und einen Theil des Fettes der Augenhöhle herumlegt. Er wird hierdurch in den Stand gesetzt, in der Richtung *ba* zu wirken und das obere Augenlid zu heben. Wäre er in gerader Linie von seinem Ansatze *f* nach dem unteren Theile *b* des oberen Augenlides *ab* hinübergegangen, so hätte er dieses in die Augenhöhle hineingezogen. Das Fett der Augenhöhle macht es in ähnlicher Weise möglich, daß die geraden Augenmuskeln Drehbewegungen vermitteln. Es erhält sich daher auch hier in den magersten Menschen (Bd. I. §. 1673.).

Die Natur schafft sogar hier ein ringartiges Leitungsgebilde, wie es 2588
sonst nicht unmittelbar in dem übrigen Körper hergestellt wird. Ist *a*
Fig. 88. der Augapfel und *b* ein Theil des Fettpolsters, so geht der Bauch des oberen schiefen Augenmuskels (Obliquus superior) *c* an dem oberen und inneren Winkel der Augenhöhle dahin. Hätte er sich in *d* oder *f* angefügt, so hätte er nur in ähnlicher Weise, wie ein gerader Augenmuskel wirken können. Da er aber die von oben und innen nach unten und außen verlaufende Achse des Augapfels beherrschen soll, so vervollständigt die Natur eine Stelle der Augenwand durch ein faserknorpeliges Ringstück *e*, leitet die Sehne des Muskels durch und biegt sie so in dem Winkel *cef*, Fig. 88., um. Der Zug arbeitet auf diese Weise in der Richtung *ef*. Die Schlinge führt einen Schleimbeutel, damit die Reibung keinen Theil der entwickelten Kraft verzehre (§. 2575.).

Dienen Muskeln anderen Bewegungswerkzeugen als Rollen, so kön- 2589
nen sie ihre Form und daher auch zum Theil ihre Wirkung bei der Verkürzung ändern. Die nachgiebigen Fettmassen sind im Stande, den Zug zu reguliren. Ein gewisser Grad von Labilität ist in beiden Fällen vorhanden.

Angriffsweise der Muskeln und der Sehnen. — Betrach- 2590
ten wir die schon früher (§. 2560.) geschilderte Art, wie sich die Muskelfasern mit ihren Sehnenfasern verbinden, so ergiebt sich von selbst, daß sich die wenigsten unmittelbar in der Richtung des Zuges anfügen. Die meisten gehen vielmehr schief zu den Zugstricken, auf die sie unmittelbar wirken. Ein Theil ihrer Kraft verliert sich auf diese Weise. Ist z. B.

Fig 89.



ab Fig. 89. eine Sehne, die bloß in der Richtung *ab* und nicht seitlich spielen kann, so übt nur die Muskelfaser *ea*, die in ihre unmittelbare Verlängerung fällt, ihre volle Kraft aus. Setzen sich aber *ha*, *ia* und *da* unter Winkeln von 10°, 20° und 30° an, so werden sie bloß mit 0,98, 0,94 und 0,87 ihrer ursprünglichen Kraftäußerung wirken können.

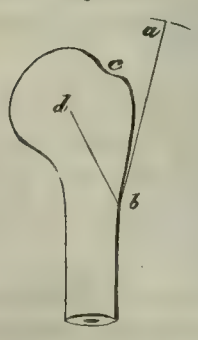
Da die meisten Muskeln und Sehnen ihre Knochen schief angreifen müssen (§. 2582.), so wiederholt sich hier das Gleiche. Ein Theil der Kraft wird der Zweckmäßigkeit des Ganzen geopfert.

Eine größere Zahl von Muskelfasern kann diesen Uebelstand bald ausgleichen. Die Sehnen selbst bieten schon die Gelegenheit dar, daß mehr Muskelfasern hergestellt werden können (§. 2570.).

2591 Gestatten es die Nebenverhältnisse, möglichst günstige Angriffswinkel zu benutzen, so werden sie auch in der That nicht verschmäht. Lange und verhältnißmäßig dünne Muskeln, die sich bedeutend verkürzen, ohne eine verhältnißmäßig starke Kraft zu entwickeln, heften sich häufig unter günstigeren Winkeln, als kurze und dicke an. Die Niederzieher des Zungenbeines (Sternohyoideus) und des Kehlkopfes (Sternothyreoideus), die geraden Augenmuskeln, der gerade Bauchmuskel erfreuen sich dieses Vortheiles. Verhältnißmäßig dickere Muskeln dagegen, wie der Kopfnicker (Sternocleidomastoideus), der Kaumuskel (Masseter), die Flügelmuskeln (Pterygoidei), gehen auch unter etwas schieferen Winkeln dahin.

2592 Wollen wir den Ansatz, unter dem ein Muskel oder eine Sehne arbeitet, richtig beurtheilen, so müssen wir den idealen Hebel, den sie beherrschen, und nicht ihre unmittelbare Anfügung an den Knochen berücksichtigen. Einzelne Physiker haben diesen Punkt außer Acht gelassen und daher unrichtige Werthe für die Größe der Kraftthätigkeit erhalten.

Fig. 90.



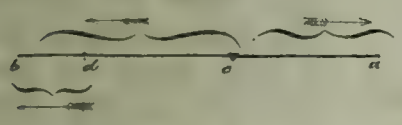
Ist *ab* eine Muskelfaser, die sich unter dem Winkel *abc* an die Oberfläche eines Knochens begiebt und ihn bei einer bestimmten Bewegung um den Punkt *d* dreht, so bildet *db* den idealen Hebel. Der Angriffswinkel gleicht daher *dba* und nicht *abc*.

2593 Ist *dba* sehr spitz, so kann er sich, indem sich *ab* verkürzt, vergrößern und so günstigere Bedingungen für seine späteren Wirkungen erlangen. Der Widerstand wächst um so mehr, je mehr wir den gestreckten Arm im Schultergelenke nach oben drehen. Der Armheber (Deltoideus) ist aber im Stande, seinen Angriffswinkel auf die erwähnte Weise zu verbessern.

2594 Hebelthätigkeit der Bewegungswerkzeuge. — Ein mathematischer Hebel ist ein gewichtslos gedachtes, unnachgiebiges Gebilde, das in einem bestimmten Punkte aufliegt und hier gedreht werden kann,

sobald mehrere Drucke auf das Ganze einwirken. Jener Punkt heißt der Stütz-, Dreh-, Ruhepunkt oder das Hypomochlion. Man nennt dagegen die Hebelarme die geradlinigten Abstände der Drucke von dem Stützpunkte.

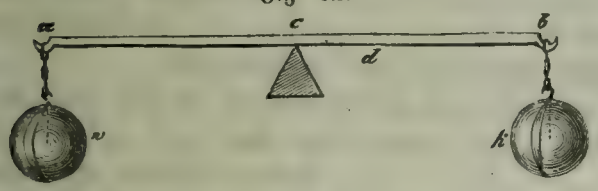
Fig. 91.



Denken wir uns, ab Fig. 91. sei ein geradlinigter Hebel, der seinen Stützpunkt in c und seine Drucke in a und b hat, so bilden ac und cb die beiden Hebelarme. Das Ganze stellt einen geradlinigten zweiarmigen Hebel dar. Ist ac eben so groß wie cb, so wird er überdieß gleicharmig sein. Rückt dagegen der Stützpunkt nach d, so daß ad größer, wie db ist, so erhält er die Merkmahle eines ungleicharmigen Hebels. Geht endlich die Unterstützung an das eine Ende a oder b, während die Drucke den anderen Endpunkt b oder a oder zwischen ihnen gelegene Punkte c und d in Anspruch nehmen, so wird der Hebel einarmig.

Die Drucke, die auf einen Hebelarm wirken, können einander dergestalt entgegenarbeiten, daß der eine eine Störung erzeugt, die der zweite zu überwinden sucht. Man nennt den ersteren den Widerstand, das Gewicht, oder die Last und den letzteren die Kraft oder das Gegengewicht. 2595

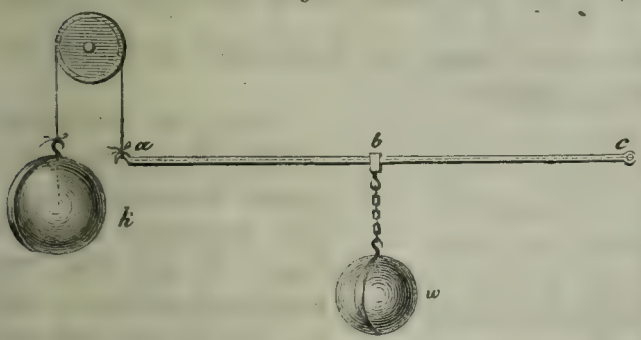
Fig. 92.



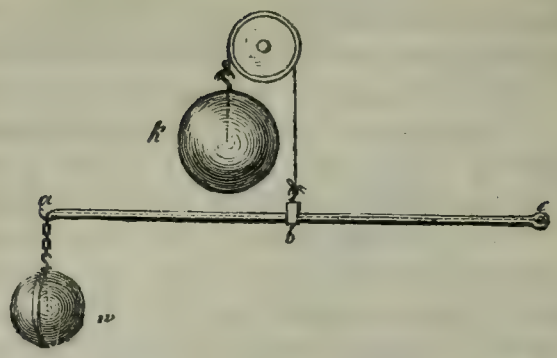
Ist ab Fig. 92. ein in c unterstützter Hebel, der das Gewicht w trägt, so würde dieses allein den Arm ac nach unten und cb nach oben führen. Soll der Hebel wagerecht bleiben, so muß die Kraft oder das Gegengewicht k mit der nöthigen Stärke entgegenarbeiten.

Die Art und Weise, wie der Stützpunkt und die Drucke gegenseitig vertheilt sind, führte zu der Unterscheidung von drei Ordnungen der Hebel. Liegt der Ruhepunkt c Fig. 92. zwischen dem Widerstande w und der Kraft k, so haben wir einen Hebel erster Ordnung. Ein solcher zweiter Ordnung entsteht dadurch, daß sich die Last w Fig. 93. zwischen der Kraft k und dem Stützpunkte c befindet. Das umgekehrte Verhältniß erzeugt einen Hebel dritter Ordnung. Die Kraft k Fig. 94. arbeitet hier zwischen der Last w und dem Stützpunkte c. 2596

Fig. 93.



2597 Fig. 94.



Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß ein Hebel erster Ordnung zwei Arme in jedem Falle besitzen muß. Die zweiter und dritter Ordnung sind dagegen immer im Wesentlichen einarmig. Verlängert sich auch noch ac Figur 93. und Figur 94. über c hinaus, so verhält sich dieses Zusatzstück wie ein Gebilde, das dem übrigen Spiele des Hebels passiv folgt. Da wir uns Alles als schwerlos denken, so kann es keinen Einfluß auf das Spiel von ac ausüben.

2598 Die Betrachtung der allgemeinen Verhältnisse der Hebelarme setzt den einfachen Fall voraus, daß Kraft und Last unter rechten Winkeln angreifen. Anhang Nr. 102. Geschieht dieses nicht, so müssen sie auf ihre rechtwinkeligen Aequivalente nach den schon früher (§. 2510.) dargestellten Regeln zurückgeführt werden.

2599 Sollen sich hierbei zwei Drucke im Gleichgewicht halten, so müssen ihre Kraftmomente, ihre statischen Momente oder die Producte ihrer Druckgrößen in den ihnen entsprechenden Hebellängen gleich sein. Es verhalten sich daher dann die Gewichte umgekehrt, wie die Längen der Hebelarme, und die Hebelarme umgekehrt wie die Gewichte.

2600 Untersuchen wir aber, wie sich diese Erscheinungen in den drei verschiedenen Hebelordnungen gestalten, so wird der zwei- und gleicharmige Hebel dieselben Gewichte k und w Fig. 95. für das Gleichgewicht verlangen. Rückte aber der Unterstützungspunkt nach d hinaus, so hätten wir $w \times ad = k \times bd$, daher $w : k = bd : ad$ und $k = w \cdot \frac{ad}{bd}$ d. h. k mußte um so viel größer werden, als bd kürzer, wie ad ist. Die Länge des Hebelarmes spart also an Druck, der auf ihn zu wirken bestimmt ist.

Fig. 95.

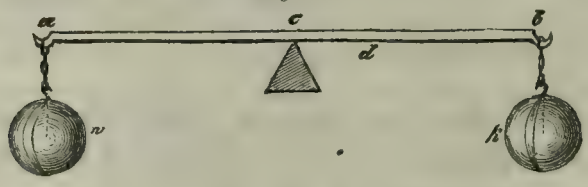
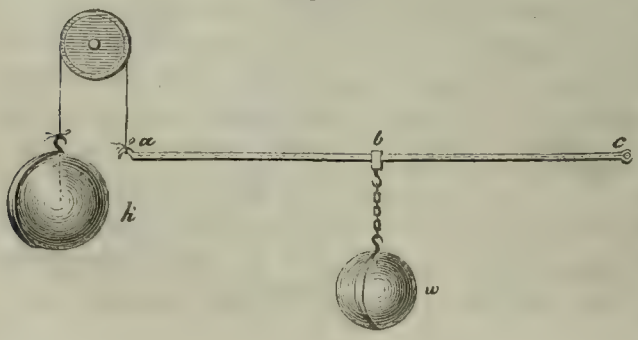
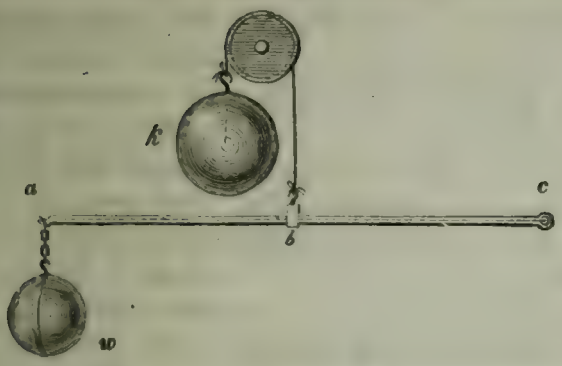


Fig. 96.



Liegt der Widerstand w Fig. 96. in dem Hebel zweiter Ordnung zwischen dem Ruhepunkt und der Kraft, so hat diese den längeren Hebelarm ca und die Last den kürzeren cb. Es ist daher wieder $k \times ac = w \times cb$ und $k = w \cdot \frac{cb}{ac}$ d. h. es wird so

Fig. 97.

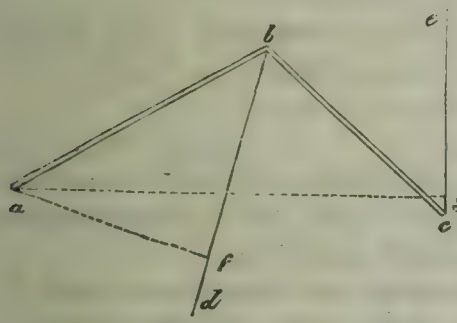


viel an Kraft gespart, als ihr Angriffspunkt von dem Ruhepunkte entfernter liegt, als der Angriffspunkt des Widerstandes.

Da die umgekehrten Verhältnisse für den Hebel dritter Ordnung gelten, so wird bei dieser Einrichtung Kraft verloren gehen. Wir haben für Fig. 97. $k \times bc = w \times ac$ und $k = w \cdot \frac{ac}{bc}$.

Die Verhältnisse der Winkelhebel und der gekrümmten Hebel lassen 2601
sich auf die eben betrachteten Erscheinungen zurückführen. Ist z. B. abc

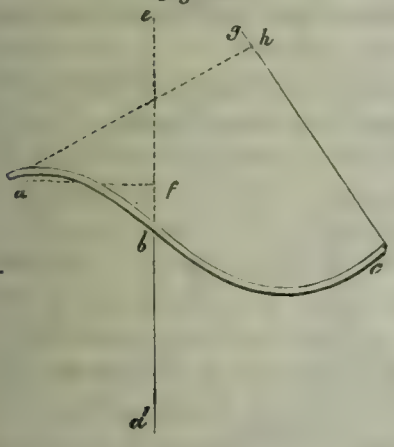
Fig. 98.



ein eingeknickter Hebel, der seinen Drehpunkt in a hat, in b dagegen von einem Drucke in der Richtung bf und in c von einem Gegendruck in der Richtung ce angegriffen wird, so können wir wieder die gegenseitigen Beziehungen beider bestimmen, wenn wir die Größenwerthe der Linien af und ag, die auf den Kraftrichtungen bd und ce senkrecht stehen, ermitteln und als Hebelarme eintragen. Anhang Nr. 102

Dasselbe wiederholt sich für gekrümmte Hebel. Hat wieder abc seinen Drehpunkt in a, während der Druck b in der Richtung bd und der Gegendruck c in der Richtung cg arbeitet, so giebt die Senkrechte af, die hier die Verlängerung von db, nämlich be in f schneidet, den einen und die andere Senkrechte ah den zweiten Hebelarm.

Fig. 99.

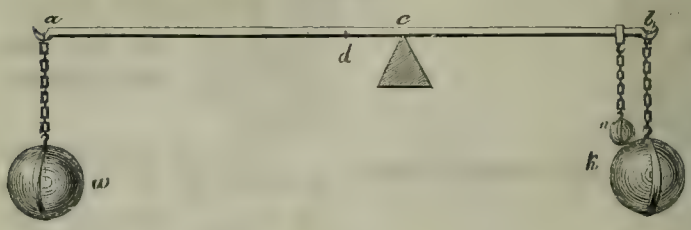


Wir haben bis jetzt uns die Hebel 2602
als mathematische, d. h. als schwerlose Linien aufgefaßt. Da sie aber in der Wirklichkeit Körper von einer bestimmten Form und einem gegebenen Gewichte sind, so müssen wir noch die Verbesserung, mittelst deren man sie auf mathematische Hebel zurückzuführen vermag, betrachten.

Man kann sich vorstellen, als sei das Gewicht eines jeden Körpers in seinem Schwerpunkte allein vorhanden, als wäre hier ein einziger Druck in der Richtung der Beschleunigung der Schwerkraft angebracht

(Bd. I. §. 232.). Haben wir nun einen materiellen Hebel $adcb$ Fig. 100., dessen Schwerpunkt in d und dessen Unterstützungspunkt in c liegt, und nennen wir das Gewicht desselben s, so können wir uns die Sache so denken, als wenn ein Druck s in d senkrecht und der Schwererichtung gemäß angreift. Soll ab wagerecht bleiben, so muß man in b ein Gegengewicht n anbringen. Da sein Arm bc und der der Schwere dc ist, so haben wir wieder $n = s \cdot \frac{dc}{bc}$.

Fig. 100.

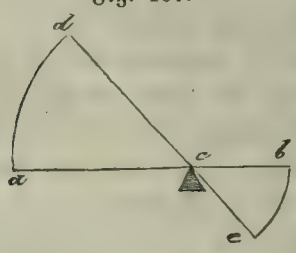


Arbeitete ein Widerstand w an dem Punkte a eines gewichtslosen Hebels, so konnte ihm k das Gleichgewicht halten, wenn $k = w \cdot \frac{ac}{bc}$ ist. Bildet dagegen ab einen materiellen Hebel, so muß schon b das Gewicht n tragen. Wir haben daher $k + n = k^1$ in Rechnung zu bringen. Mithin $k^1 = \frac{w \cdot ac + s \cdot dc}{bc}$.

Die Schwere des Hebels wird auf gleiche Weise bei den Hebeln zweiter oder dritter Ordnung denjenigen Druck, der in ihrer Richtung wirkt, unterstützen und den entgegengesetzten vergrößern.

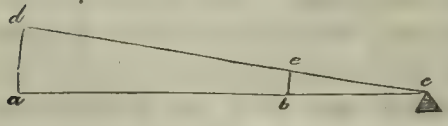
2603 Betrachten wir nun die Bogen, welche die verschiedenen Hebel bei ihren Bewegungen beschreiben, so sei acb Fig. 101. ein Hebel erster Ordnung. Geht der Endpunkt a des Armes ac in ad in die Höhe, so senkt sich b um be und umgekehrt. Die Größen der Bogen ad und be stehen aber in gleichem Verhältnisse mit den Hebellängen ac und cb.

Fig. 101.



2604 Die Hebel zweiter und dritter Ordnung wiederholen im Wesentlichen das Gleiche. Da aber die Kraft und die Last in diesen beiden Arten von Gebilden entgegengesetzt vertheilt sind, so fallen auch die Vortheile, die man hierbei erlangen kann, ungleich aus. Hat z. B. abc seinen Ruhepunkt in c, seine Last in b und seine Kraft in a, so wird zwar so viel Kraft gespart, als ac größer wie bc ist. Der Widerstand b beschreibt aber auch einen um so kleineren Bogen be. Liegt umgekehrt die Last in a und die Kraft in b, so geht zwar Kraft verloren. Die Last bewegt sich aber auch dafür in einem um so größeren Bogen ad.

Fig. 102.



2605 Es erklärt sich hieraus von selbst, weshalb so oft die Hebel dritter Ordnung in unseren Bewegungswerkzeugen angetroffen werden. Hätte

die Natur unvollkommen gearbeitet, so hätte sie möglichst wenig Muskelkraft hergestellt und sich deshalb der Sparsamkeit wegen an Hebel zweiter Ordnung halten müssen. Wählte sie dagegen solche dritter Ordnung, so vergeudete sie keine Muskelkraft, sondern opferte sie nur der zu erreichenden Bewegungsgröße. Es ist daher eine Vollkommenheit mehr, daß sie eine Verkürzungsmasse, mit der sie nicht zu geizen brauchte, erzeugte.

Fig. 103.

Denken wir uns, *ab* Fig. 103. sei die Länge der oberen Extremität, *c* der Ansatz des Armhebers und *a* der Drehpunkt des Schultergelenkes, *ac* gleiche aber nur $\frac{1}{6}$ von *ab*, so wird zwar der Armheber 6 Mal so viel Muskelkraft brauchen, als wenn er sich in *b* anfügte. Die Fingerspitzen können aber dafür einen 6 Mal so großen Bogen *de* beschreiben, wenn der Muskel selbst nur den Ausschlag *fg* bedingt. Der zweiköpfige Armmuskel (Biceps brachii) heftet sich aus demselben Grunde mit seiner Hauptsehne an den Speichenhöcker, der innere Armmuskel (Brachialis internus) an den Kronenfortsatz und den Höcker des Ellenbogenbeines, der große Lendenmuskel (Psoas major) und der Darmbeinmuskel (Iliacus internus) an den kleinen, der mittlere und der kleinere Gesäßmuskel (Glutaeus medius und minimus) an den großen Rollhügel und das Kniescheibenband an den Schienbeinhöcker. Es erklärt sich hieraus, weshalb sich häufig die Muskeln und die Sehnen in der Nähe der Gelenke und möglichst weit von den entgegengesetzten Enden der ihnen unterworfenen Knochen ansetzen.

Braucht ein Theil nur kleine Bogen zu beschreiben oder ist es unmöglich, ihn mit einer größeren Zahl von Muskelfasern zu versehen, so wird auch der Kraftaufwand, der den übrigen thierischen Hebeln dritter Ordnung eigen ist, so sehr es angeht, verkleinert. Die Längenunterschiede des Kraft- und des Lastarmes verringern sich. Viele der schwachen Gesichtsmuskeln, die Muskeln der Zunge und des Kehlkopfes können diese Verhältnisse anschaulich machen. 2606

Vergrößert sich der Widerstand in bedeutenderem Grade und reichen kleine Bewegungsbogen für die beabsichtigten Zwecke aus, so verschmäht die Natur nicht die Vortheile, die Hebel zweiter Ordnung darbieten können. Die Einrichtung des Fußes wird dieses am Besten versinnlichen. 2607

Fig. 104.

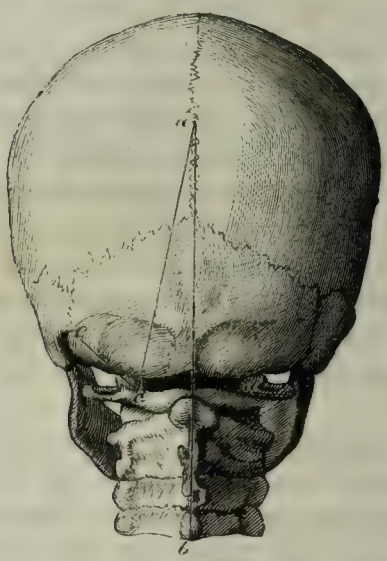
Berührt die ganze Sohle den Boden, so liegt die Drehung in der Verbindung der Zehen mit den Mittelfußknochen, *a* Fig. 104., so wie wir die Ferse emporheben. Ruht nun die ganze oder die halbe Körperlast in

Fig. 105.

b auf und wirkt sie in der Schwererichtung *b d*, so können wir uns vorstellen, daß die an dem Fersenbeine arbeitende Achillessehne *e c* einen Winkelhebel *a b c* angreift. Ist *e c f* parallel *b c*, so gebraucht die Kraft den längeren Hebelarm *a f* und die Last den kürzeren *a g* (§. 2600.). Die Wadenmuskeln genießen dann den Vorzug, den Hebel zweiter Ordnung darbieten. Sie ziehen daher nicht bloß das Körpergewicht des Menschen, sondern oft noch bedeutende Lasten, mit denen er beschwert ist, empor.

2608 Müssen die Gelenke nach den Seiten verlegt werden, während die Widerstände in die Mitte und die sie überwindenden Muskeln weiter nach außen fallen, so bedingt es diese gegenseitige Lage der Theile von selbst, daß Hebel erster Ordnung zu Stande kommen. Der Kopf gehört zu denjenigen Theilen, welche diese Nebenverhältnisse darbieten.

Fig. 106.

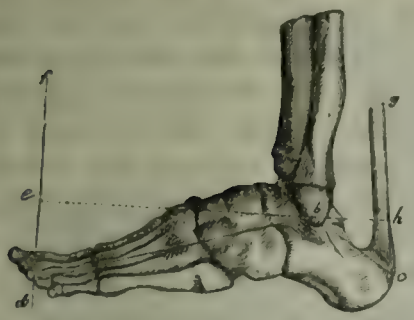


Der Schwerpunkt desselben liegt verhältnißmäßig hoch. Ist der Schädel aufrecht gestellt und das Gesicht gerade nach vorn gewandt, so geht ungefähr die Schwerlinie, *a b* Fig. 106., in der Mitte herab. Die Gelenke des Hinterhauptes und des ersten Halswirbels, *c* und *d* liegen nach außen von *a b*. Der Zitzenfortsatz *d* endlich, der den Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) aufnimmt, steht in einer noch größeren Entfernung von *a b*. Der Drehpunkt *c* liegt daher hier zwischen dem Kraftarm *c e* und dem Lastarm *c a* oder dessen Projection auf *a b*, wie in den Hebeln erster Ordnung. Aehnliche Verhältnisse kehren für viele Muskeln der Wirbelsäule wieder.

2609 Die vielseitige bewegliche Verbindung der Skeletttheile macht es möglich, daß dieselben Stücke, je nachdem sie sich um verschiedene Gelenkverbindungen drehen, als Hebel ungleicher Ordnungen wirken. Die gleichzeitige Bewegung eines anderen Gelenkes kann überdieß die Angriffswinkel der Sehnen und mithin auch die Bedingungen der Kraftentwickelung ändern.

2610 Wir haben gesehen (§. 2607.), daß der Fuß, wenn wir auf der Sohle stehen und die Ferse emporheben, nach Art eines Hebels zweiter Ordnung thätig ist. Die Drehung fällt hier in die Metacarpus-Zehengelenke. Sitzen wir dagegen mit übereinandergeschlagenen Beinen und lassen die Zehen

Fig. 107.



auf und ab spielen, so daß die Drehung in dem Unterschenkel-Sprungbeingelenke vollführt wird, so arbeitet wieder die Achillessehne, *gc* Fig. 107., an dem Winkelhebel *cba*. Dieser hat aber jetzt seinen Drehpunkt in *b* und seine Kraft in *c*; seine Last liegt in der Verbindungslinie, welche den Schwerpunkt des Fußes mit *b* vereinigt. Denken wir uns, die Zehen *a* trügen ein Gewicht, das in der Richtung *fd* wirkt, so hätte es seinen Lastarm in *ba*. Wir erhalten auf diese Weise einen zweiarmigen Hebel erster Ordnung. Führen wir ihn auf die wirksamen Hebelgrößen *hbe* zurück (§. 2601.), so arbeitet die Kraft mit *bh* und die Last mit *be*. Jene ist daher, wie bei den Hebeln dritter Ordnung, im Nachtheil.

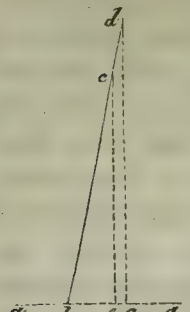
Betrachten wir das Ellenbogengelenk in seinen gewöhnlichen Wirkun- 2611
gen, so sei *a* der Punkt des Gelenkstückes des Oberarmes, um den sich das Charnier des Vorderarmes (§. 2554.) dreht, *b* bezeichne den Speichenhöcker, der die Hauptsehne des zweiköpfigen Armmuskels (Biceps brachii) und *c* den Ellenbogenknorren, der den dreiköpfigen Armmuskel (Triceps brachii) aufnimmt. Eine Last *w* ruhe auf der Hand, der gemeinschaftliche Schwerpunkt von ihr und dem Vorderarme falle aber in *d*, so daß wir den Lasthebel in *da*, den Krafthebel für die Beugung in *ba* und den für die Streckung in *ca* haben. Das Ganze bildet zwei Winkelhebel *bad* und *cad*, in denen die Bogengröße der Bewegung auf Kosten der Kraft, wie in den Hebeln dritter Ordnung begünstigt ist.

Fig. 108.

Fig. 109.

Legen wir aber die Hand, die wir uns in *ab* Fig. 109. vorstellen wollen, auf den Tisch *ag* flach auf, biegen das Ellenbogengelenk in mäßigem Grade und lassen einen Theil der Last des Oberkörpers auf dem Arme ruhen, so ändern sich die Verhältnisse, so wie wir jetzt das Ganze gerade strecken und den Vorderarm um die Handwurzel *b* drehen. Denken wir uns nun, die Last, welche der Vorderarm jetzt trägt, ruhe auf dem Ellenbogengelenke *c*, so daß

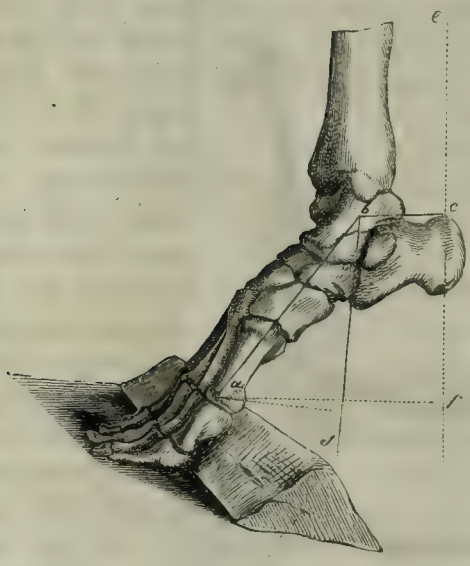
Fig. 110.



sie in der Schwererichtung *c e* wirkt und *d* bezeichne den darüber hinaus gehenden Ellenbogenhöcker, so wird jetzt der dreiköpfige Armmuskel, wenn er bei seiner Zusammenziehung den Oberarm und den Vorderarm vollständig streckt und dieser einen rechten Winkel mit der Hand bildet, vortheilhaftere Bedingungen nach der Art der Hebel zweiter Ordnung finden. Kraft und Last müssen sich am Anfange ihren Angriffen nach wie *b f* und *b e* an dem geradlinigten Hebel *b f* verhalten.

2612 Der Fuß kann uns ein Beispiel geben, wie passende Drehungen der Nebengelenke die Angriffswinkel bedeutend zu verbessern im Stande sind. Heben wir die Ferse, ohne das Unterschenkel-Sprungbeingelenk zu bewegen, so erhält sich die Neigung des Unterschenkels und des Fußes, wie sie früher war. Drehen wir dagegen gleichzeitig den Unterschenkel, um die Schwerlinie auf der Fußsohle zu erhalten, so daß diese in *b d*, Fig. 111., dahingeht und die Achillessehne in *e c* verläuft, so erhält diese einen günstigeren Angriffswinkel *e c b*. Die Last hat dafür den spitzen Winkel *a b d*. Jene gewinnt verhältnißmäßig bei dieser von anderen Ursachen gebotenen Nebenverbesserung.

Fig. 111.



2613 Trägt ein bewegliches Glied kein fremdes Gewicht, so bewahrt sein Schwerpunkt dieselbe Lage nur so lange, als alle seine Stücke unverändert bleiben. Können sie dagegen verschiedene Stellungen annehmen, so ändert sich auch der Ort des Schwerpunktes mit der Mannigfaltigkeit der Massenvertheilung (Bd. I. §. 232.). Da nun der Lastarm von der Entfernung des Schwerpunktes von dem Drehpunkte abhängt, so giebt die Beweglichkeit der untergeordneten Stücke eines Gliedes die Möglichkeit an die Hand, die Hebelwirkungen des Lastarmes zu verkleinern oder die Kraft zu begünstigen (Bd. I. §. 242.).

2614 Beschwert man ein Glied mit einer Last, so wird diese weniger Widerstand leisten, wenn sie unter sonst gleichen Verhältnissen dem Drehpunkte oder dem zu bewegenden Gelenke überhaupt näher liegt. Wir tragen daher ein Kind auf der oberen und nicht auf der unteren Hälfte des Vorderarmes.

Dieses Verhältniß kommt auch den Backzähnen zu Statten. Der

Fig. 112.

Winkelhebel der Unterkinnlade hat seinen Gelenkfortsatz in *a*, Fig. 112., und seinen Kronenfortsatz in *b*. Der Letztere erfüllt hier die Bestimmung, die wir schon (§. 2515.) an anderen Knochenfortsätzen kennen gelernt haben. Er verlängert den Kraftarm des Schläfenmuskels (Temporalis) *db*, der sich an ihn anfügt. Bildet sein Hebel *ba* den Winkel *dba*, so ist sein thätiger Arm *ae*, wenn bei *e* rechte Winkel sind.

Ruht eine Last auf den Schneidezähnen *c* und wirkt sie in der Richtung *fc*, so haben wir unmittelbar für den Lastarm *ac* und mittelbar *ag*. Ginge aber dasselbe Gewicht auf die Backzähne *h* über, und arbeitete es hier in der Richtung *hi*, so erhalten wir die kürzeren Lastarme *ah* und *ak*. Lassen wir alle Nebenverhältnisse bei Seite, so wird die gleiche Kraft des Schläfenmuskels den Backzähnen nützlicher, als den Schläfenmuskeln sein. Jene sind daher schon deshalb eher im Stande, große Druckwirkungen auszuüben (Bd. I. §. 485 fgg.).

Gehen Muskeln von einem unbeweglichen Knochenstücke aus, so kann 2615
sich immer nur ihre Thätigkeit in der einen dem Ansatze entsprechenden Richtung geltend machen. Die geraden Augenmuskeln drehen auf diese Weise nur den Augapfel, üben aber keinen Einfluß auf die Stellung des Schädels aus. Zieht sich eine Muskelmasse zwischen zwei Theilen, die mittelst eines Gelenkes vereinigt werden, hin, so ist sowohl der Ursprung als der Ansatz im Stande, die Rolle des Ausgangspunktes zu übernehmen. Wir haben daher wenigstens zweierlei mögliche Wirkungen. Der zweiköpfige Armmuskel (Biceps brachii) biegt den Vorderarm gegen den verhältnißmäßig befestigten Oberarm und leistet den umgekehrten Dienst, wenn der Vorderarm den unverrückbaren Theil bildet. Geht endlich ein Muskel mit seiner Sehne über zwei Gelenke hinweg, so können beide oder nur eines von ihnen nachgeben. Ist das Bein gestreckt, so wirkt der Schneidermuskel (Sartorius) nur auf das Pfannengelenk und trägt zur Hebung des Gliedes oder zur Neigung des Rumpfes bei. Hat sich aber der Mensch zusammengekauert, so ist jener Muskel im Stande, seine bedeutend langen Fasern vollkommener spielen zu lassen und seine stärkere Verkürzung geltend zu machen (§. 2585.). Die Biegung des Hüftgelenkes und die des Kniegelenkes erfreuen sich seiner Wirkungen gleichzeitig.

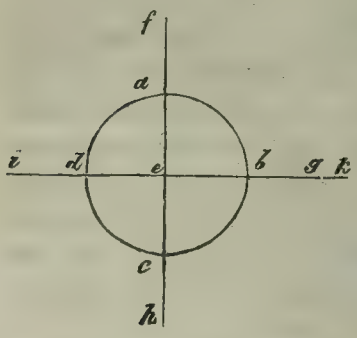
Dieser Unterschied der Thätigkeit ändert auch häufig die Hebelverhält- 2616
nisse. Wir sehen es z. B. an dem großen Lendenmuskel (Psoas major) und dem Darmbeinmuskel (Iliacus internus), je nachdem sie den Schenkel nach dem Unterleibe zu emporheben oder den Rumpf bei befestigtem Schenkel

nach vorn beugen. Die Betrachtungen, die wir schon früher (§. 2607. und §. 2612.) über die Unterschenkelmuskeln anstellten, können uns ebenfalls die hier auftretende Mannigfaltigkeit versinnlichen.

2617 **Gleichzeitige Wirkung mehrerer Muskeln.** — Wirken mehrere Muskeln auf einen und denselben Hebel gemeinschaftlich, so können sich fast alle Fälle, welche Kräftepaare darzubieten im Stande sind, wiederholen. Sie arbeiten einander entgegen, unterstützen sich wechselseitig, erzeugen Mittelwirkungen, wie sie das Kräfteparallelogramm fordert (§. 1924.), oder verändern selbst die Art der Bewegung, die jeder einzelne Muskel für sich erzeugt haben würde.

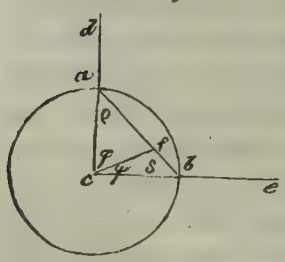
2618 Die geraden Augenmuskeln (Recti oculi) können am Einfachsten versinnlichen, wie auf diese Weise die Folgen der Verkürzung wechseln. Stellen wir uns vor, der Augapfel sei eine Kugel, die sich um ihren Mittelpunkt e, Fig. 113., dreht, a, b, c und d bezeichne die Ansätze der vier geraden Augenmuskeln und af drücke die Kraftgröße des oberen, bg die des inneren, ch des unteren und di des äußeren in entsprechenden geraden Linien aus, so werden sich die Wirkungen des oberen und des unteren aufheben, wenn af und ch in demselben Maaße arbeiten. Sind bg und di gleich thätig, so lähmen sich der innere und der äußere Augenmuskel wechselseitig. Wir hätten dann gleich große aber entgegengesetzte Kräfte, die an denselben Hebelarmen, den gleichgeneigten Halbmessern der Kugel arbeiten. Bleiben aber diese der Unverrückbarkeit der Ansätze wegen unverändert, so muß der innere Augenmuskel das Auge mit der durch gk dargestellten Kraft nach innen wälzen, wenn sich sein Werth bis bk vergrößert, der des äußeren dagegen die Kraft di beibehält.

Fig. 113.



Vereinigen sich zwei benachbarte Muskeln, wie der obere und der innere gerade, zu einer gemeinschaftlichen Wirkung, so wird der Zug der Diagonale des Kräfteparallelogramms folgen. Nehmen wir an, die Ansatzpunkte seien a und b und ihr Bogen ab, Fig. 114., umfasse einen Quadranten acb des senkrechten Kreisdurchschnittes, so wird der Augapfel in der Mittellinie oder unter einem halben Quadranten von 45° nach oben und innen gewälzt werden, sobald ad und be gleiche Kraftgrößen ausdrücken. Wäre dagegen be größer wie ad, so würde sich auch die Richtungslinie cf von ad im entsprechenden Maaße entfernen. Der rechte Winkel müßte sich den Kraftwerthen nach in φ und ψ theilen, so daß ψ um so kleiner würde, je größer be ausfällt. Hätte be das Doppelte von ad, so betrüge auch ψ 30° und φ 60°.

Fig. 114.



Denken wir uns endlich, alle vier geraden Augenmuskeln zögen sich gleichzeitig zusammen, so könnten sie den Augapfel, wenn sonst keine Hindernisse entgegenständen, nach dem Grunde der Augenhöhle zu führen suchen. Verkürzt sich dagegen der obere um eben so viel, als der untere erschlafft, so erhalten wir eine Drehbewegung statt eines einfachen geradlinigten Zuges nach hinten.

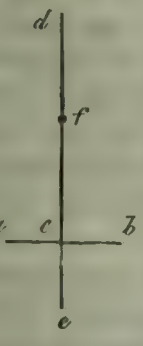
Man sieht leicht, daß auf ähnliche Weise die übrigen Körpermuskeln eine 2619
unendliche Mannigfaltigkeit der Zugrichtungen möglich machen. Die Natur hat die Größe des Wechsels noch dadurch erweitert, daß viele Muskeln in einzelne Abtheilungen, von denen jede für sich zu spielen im Stande ist, zerfallen, daß der größte Theil derselben von beweglichen, in verschiedenen Richtungen einstellbaren Skeletttheilen ausgeht und manche nicht bloß ein, sondern mehrere Gelenke überspringen.

Es würde hier zu weit führen, alle Verkürzungsgebilde unter diesem 2620
Gesichtspunkte zu betrachten. Wir werden überdieß auf eine Reihe von dieser Erscheinungen in dem Abschnitte, der die einzelnen Muskeln des Menschen behandelt, zurückkommen. Die gegenseitige regelmäßige Vertheilung der Körpergebilde begründet aber mehrere allgemeine Normen, mit deren Untersuchung wir uns jetzt am Zweckmäßigsten beschäftigen können.

Die Mittellinie des Kopfes und des Rumpfes hat gleichartige Skelett- 2621
gebilde und Muskeln an beiden Seiten. Sind hier Drehpunkte angebracht, so stoßen wir auf Hebelwirkungen erster Ordnung, in denen der Ruhepunkt wahrhaft in der Mitte liegt oder wenigstens auf diese bezogen zu werden vermag. Gleiche Hebelarme gehen nach beiden Seiten aus. Die Kräfte, welche die Verkürzung der Muskeln liefert, bestimmen es daher, ob die Seitenrichtung verändert wird oder nicht.

Denken wir uns die Wirbelsäule als einen elastischen Stab, der nach 2622
Verschiedenheit der Verhältnisse nach rechts oder links gebogen werden kann, so wird er, so lange die Rückenmuskeln beider Seiten im Gleichgewicht sind, gerade bleiben. Herrscht aber die Thätigkeit der einen über die der anderen vor, so muß auch die Aushöhlung des Krümmungsbogens nach der thätigen Seite gerichtet werden. Wir haben also hier Gegenstücke, die an und für sich ihrer Form und Größe nach gleich sind. Sie widerstreben einander nur, weil sie gegenüberstehende Seiten derselben idealen Mittellinie angreifen.

Fig. 115.



Da sich diese Wirkung nur auf die Seitenbewegung, nicht aber 2623
auf die Biegung nach vorn oder nach hinten bezieht, so müssen je zwei einander entsprechende Angriffspunkte, *a* und *b* Fig. 115., gleich weit von der Mitte *c* abstehen. Dieses setzt aber nicht voraus, daß die durch sie gelegte Ebene *ab* die von vorn nach hinten gehende Achse *de* halbirt. Die Natur gewinnt sogar an Vielseitigkeit der Wirkung, wenn sie *ce* und *cd* ungleich macht.

Denken wir uns, *c* befände sich in der Mitte von *de*, so könnten die bei *a* und *b* wirkenden Kräfte keinen Einfluß auf die Hebung und Senkung der Achse *de* ausüben. Spielt

diese dagegen um *f* und nicht um *c*, so erhalten die Seitenkräfte *a* und *b* das seitliche Gleichgewicht und arbeiten zugleich gemeinschaftlich, als wenn die Summe ihrer Kräfte in *c* angebracht wäre, einer in *d* befindlichen Last entgegen.

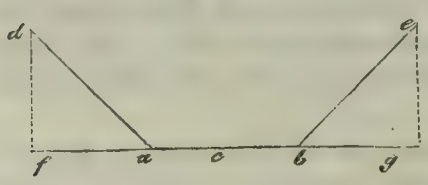
2624 Die symmetrischen Muskeln des Nackens und des Rückens beherrschen zunächst die seitlichen Lagenverhältnisse des Kopfes und der Wirbelsäule. Da sie aber die Hinterfläche des Körpers ausschließlich einnehmen, so können sie zugleich als Strecker wirken. Die Kräfte, die ihnen entgegenarbeiten, stammen größtentheils nicht von anderen Muskelmassen, die sich von Zeit zu Zeit verkürzen. Es sind vor Allem die Schwereverhältnisse, die hier eingreifen (Bd. I. §. 88.).

2625 Eine ähnliche Vertheilung macht es möglich, daß viele Halsmuskeln einen vielseitigeren Thätigkeitskreis gewinnen. Wirken beide Kopfnicker (Sternocleidomastoidei) gemeinschaftlich, so beugen sie den Kopf nach vorn und unten. Zieht sich aber nur Einer von ihnen zusammen, so wendet sich das Gesicht nach der einen Seite hin. Der lange Halsmuskel (Longus colli), die vorderen geraden Kopfmuskeln (Recti capitis anteriores majores und minores) erfreuen sich ähnlicher Vortheile.

2626 Da die Arme oder die Beine, unter einander verglichen, symmetrisch sind, so wiederholt sich für sie das Gleiche, so wie man die Mittellinie des Körpers zum Ausgangspunkte wählt. Die Armheber (Deltoidei) können beide Arme in parallelen Bogen nach vorn oder nach hinten und in entgegengesetzten, aber gleichen Krümmungen nach außen führen. Fassen wir aber nur ein Glied ins Auge, so hört diese Regelmäßigkeit meist auf, weil hier häufig die einfache Seitensymmetrie der nothwendigen Mannigfaltigkeit der Bewegungen weichen muß. Es entstehen verwickeltere Gegensätze, auf die wir bald zurückkommen werden.

2627 Gebieten seitlich symmetrische Muskelmassen über einzelne, in größeren Abständen verrückbare Theile, so heben sich ihre Wirkungen nicht auf. Sie summiren sich vielmehr, um die Entfernung zu vergrößern oder zu verkleinern. Denken wir uns, *a* und *b* Fig. 116., ändern ihren Ort, sobald sie von sonst gleichen Kräften *da* und *eb* oder *af* und *bg* angezogen werden, so vergrößert sich der Abstand *ab*, wenn der Zug von *a* nach *f* und von *b* nach *g* geht. Hat die Wirkung die entgegengesetzte Richtung, so verkleinert er sich. Beide Fälle kommen im Körper vor. Die Mundspalte, der Querdurchmesser der Nasenhöhle oder des Schlundes erweitern sich unter solchen Verhältnissen. Die Schließmuskeln und ihnen verwandte paarige Muskelgruppen dagegen schränken auf diese Weise den von ihnen beherrschten Hohlraum ein.

Fig. 116.



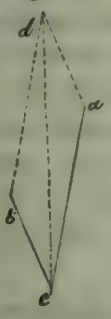
2628 Die größeren Röhrenknochen der Gliedmaaßen können am Deutlichsten zeigen, wie seitlich unsymmetrische Muskeln einander entgegenwirken. Wir haben hier oft ungleiche Kräfte und ungleiche Hebellängen. Beiderlei Verhältnisse verbinden sich nicht selten, um das Gleichgewicht in einer und die

Bewegung in einer anderen Richtung herzustellen. Die Einrichtung der Gelenke gestattet hier noch bisweilen eine größere Vielseitigkeit des Erfolges.

Manche Verkürzungsgebilde, deren Muskelfasern nach einem Punkte 2629
zu strahlig zusammenlaufen, wiederholen gewissermaaßen die regelmäßige paarige Anordnung, die wir an den Muskeln des Kopfes und des Rumpfes kennen gelernt haben. Die vordere Abtheilung des Armhebers (Deltoideus) sucht den Arm nach vorn und die hintere nach hinten zu wenden. Beide zusammen unterstützen die Thätigkeit des Mitteltheils. Der Arm wird dann um so kräftiger nach außen gehoben. Die hintere Abtheilung des mittleren Gesäßmuskels (Glutaeus medius) vermag auf diese Weise das Einwärtsrollen, die vordere das Auswärtsrollen zu unterstützen. Der ganze Muskel erhöht die Wirkung des Mittelstückes. Der eine Schenkel wird um so eher von dem anderen abgezogen.

Die Rolle, die hier verschiedenen Bündeln desselben Muskels zukommt, 2630
kann in anderen Fällen gesonderten Muskeln übertragen sein. Der Ellenbogen- und der Speichenbeuger der Hand (Flexores carpi ulnaris und radialis) stimmen darin überein, daß sie die Hohlhandfläche dem Vorderarm zu nähern im Stande sind. Jener vermag sich aber zugleich bei der Seitenbewegung nach innen (Adduction) und dieser bei der nach außen (Abduction) zu betheiligen. Der vordere Schienbeinmuskel (Tibialis anticus) hebt den inneren und der dritte Wadenbeinmuskel (Peroneus tertius) den äußeren Fußrand. Jeder von ihnen begünstigt aber die Beugung des Fußes.

Wirken zwei Kraftgrößen, die wir durch bc und ac ausdrücken wol- 2631
Fig. 117. len, in den durch diese Linien bezeichneten Bahnen, so arbeiten sie in der Richtung dc mit einer Mittelkraft, welche der Entfernung von d und c gleicht (§. 1924.). Diese Wirkung des Parallelogramms der Kräfte macht sich häufig geltend, so wie mehrere Muskeln zugleich in Thätigkeit gerathen. Die Natur hat sie aber auch bisweilen zu besonderen Nebenzwecken benutzt.



Die Räumlichkeitsverhältnisse können es als zweckmäßiger 2632
erscheinen lassen, daß die Muskelmassen nicht in der Richtung des Zuges verlaufen. Werden sie seitlich vertheilt, so daß die Diagonale der Wirkung der beabsichtigten Thätigkeit entspricht, so geht nur eine gewisse Menge von Muskelkraft, die leicht durch eine größere Zahl von Muskelfasern ausgeglichen werden kann, verloren. Jede der beiden Seitenmassen kann dann überdieß für sich wirken.

Der große Lendenmuskel (Psoas major) und der Darmbeinmuskel (Iliacus internus), die zusammen den Schenkelbeuger (Flexor femoris) bilden, stellen eine solche, statt einer einzelnen mittleren Masse angebrachte Gabel dar. Die seitlichen Oberflächen der Rücken- und der Lendenwirbel, so wie die Innenfläche des Darmbeines geben hier Gelegenheit genug, durch die größere Menge von Muskelfasern zu gewinnen, was der schiefen Richtung wegen verloren gehen könnte.

Reicht die Muskelmasse, die unmittelbar in der beabsichtigten Zug- 2633

richtung als Ganzes wirkt, nicht aus, so können Seitenkräfte, deren Diagonalwirkung mit jener zusammenfällt, das Mangelhafte ergänzen. Untergeordnete Vortheile anderer Art werden hier noch nebenbei gewonnen. Die Strecker des Kniees und des Fußes eigenen sich am Besten, uns dieses Verhältniß klar zu machen.

Soll der Mensch fest stehen, so darf das Knie nicht nachgeben. Ober- und Unterschenkel müssen eine gerade Linie trotz der Last, die sie säulenartig tragen, bilden. Die kraftvolle Verbindung konnte aber nur den Muskelmassen der gesammten Einrichtung und der übrigen Bestimmung des Ganzen wegen übertragen werden.

Die Gebilde, die wir als geraden Schenkelmuskel (Rectus femoris), als äußeren und inneren großen (Vasti externus und internus) und als tiefen Schenkelmuskel (Cruralis) unterscheiden, bilden nur vier vertheilte Köpfe eines mächtigen Streckers des Unterschenkels (Extensor cruris). Schiefe und gerade Kräfte vereinigen sich hier zu einer gemeinsamen Wirkung, die sich auf den Unterschenkel mittelst der Kniescheibe und des Kniescheibenbandes fortpflanzt.

Steht der Mensch, so ruht die Körperlast auf dem Unterschenkel-Sprungbeingelenke. Will er dann die Ferse emporheben, so sind wiederum bedeutende Widerstände zu überwinden (§. 2607.). Der Strecker des Fußes (Extensor pedis s. Triceps surae), dem die Achillessehne angehört, besteht daher in ähnlicher Weise aus dem tieferen Sohlenmuskel (Soleus) und dem oberflächlichen Wadenmuskel (Gastrocnemius). Jener geht von dem Schienbein und dem Wadenbein aus, während dieser von beiden Seiten des Oberschenkels über den Gelenkköpfen desselben entspringt.

Die verschiedenen Köpfe dieser zusammengesetzten Muskelmassen werden hierdurch in den Stand gesetzt, auf die Gelenke in ungleichem Grade zu wirken. Der äußere und der innere große Schenkelmuskel (Vastus externus und internus), so wie der tiefe Schenkelmuskel (Cruralis) beherrschen nur das Kniegelenk, der gerade Schenkelmuskel (Rectus femoris) dieses und das Pfannengelenk. Der Wadenmuskel (Gastrocnemius) geht auf gleiche Weise über das Knie- und das Unterschenkel-Fußgelenk hinweg, während der Sohlenmuskel (Soleus) dieses letztere allein überschreitet.

2634 Antagonisten. — Man versteht hierunter diejenigen Muskelpaare, die als Gegenstücke einer bestimmten Drehungsachse wirken. Die einen suchen deren Endtheil nach der einen und die anderen das zweite Endstück nach der entgegengesetzten Seite zu bewegen. Beide spielen daher im Allgemeinen wie Gewichte, die an einem Hebel erster Ordnung (§. 2595.) angebracht sind.

Die gewöhnlichsten Thätigkeitsgruppen, welche auf diese Weise zu Stande kommen, werden mit dem Namen der Beugung und der Streckung (Flexio et Extensio), der Anziehung und der Abziehung (Adductio et Abductio), der Vorwärts- und der Rückwärtsdrehung (Pronatio et Supinatio) bezeichnet. Die Bestimmung hängt hierbei davon ab, ob sich die Stücke nach vorn oder hinten, nach außen oder innen von der mittleren Längenachse entfernen oder sich um sie in bestimmten Bogenabschnitten drehen.

Die strenge Durchführung dieser Grundlage führt aber auch zu mancher Undeutlichkeit und Willkühr.

Kann sich ein Gelenk nur in einer Richtung bewegen, so tritt der An- 2635
tagonismus am Reinsten hervor. Die beiden letztern Glieder der Finger haben deswegen bloß ihre Beuge- und ihre Streckſehnen. Gestatten aber die Theile eine vielseitigere Beweglichkeit, so tritt die Schärfe des Unterschiedes in den Hintergrund, weil sich dieselben Muskeln, die in einer Richtung einander entgegenwirken, in einer andern unterstützen oder sich wenigstens gleichgültiger verhalten können. Die früheren Betrachtungen haben uns schon eine Reihe solcher Beispiele vorgeführt.

Die Art der Bewegung führt ebenfalls zu Zweideutigkeiten. Ein und 2636
derselbe Muskel kann ein Gelenk strecken und ein zweites beugen. Der Unterschied hängt nur von dem Wechsel der Angriffspunkte ab. Man sagt daher z. B., daß der Zwillingsmuskel (Gastrocnemius) den Fuß streckt, wenn seine Wirkung von dem Oberschenkel ausgeht und diesen letzteren beugt, so wie die Ferse befestigt ist.

Bieten die Muskeln, die sich wechselseitig beschränken, gleiche Bedin- 2637
gungen der Kräfte und der Hebelarme dar, so hängt ihr antagonistisches Spiel von den einfachsten Verhältnissen ab. Die Gebilde, die vermöge der seitlichen Symmetrie paarig werden, gehören vor Allem hierher (§. 2621.). Die Bewegungsgröße richtet sich nur nach der Kraft, die der eine Theil entwickelt oder die er vor dem anderen voraus hat.

Sind die Hebelarme ungleich, so muß diejenige Masse, die sich im 2638
Nachtheil befindet, eine gewisse Menge ihrer Kraft zur Ueberwindung dieses Hindernisses aufreiben. Ein schwächerer Gegenfüßler kann daher durch einen längeren Hebelarm gewinnen. Uebernehmen die Schwereverhältnisse allein einen Theil des Antagonismus, so verzehrt ihr Widerstand eine gewisse Menge von Muskelkraft (Bd. I. §. 88.).

Man stellt sich häufig vor, daß sich immer die antagonistischen Mus- 2639
keln wie feindliche Regungen in Schach halten. Der eine zieht sich hiernach in jedem Augenblicke um eben so viel, als der andere nachgiebt, zusammen. Eine bestimmte Größe von Muskelverkürzung wirkt mithin zu allen Zeiten. Die Erschlaffung einer Muskelparthie macht dann gewissermaaßen den stets bereiten Einfluß seines Gegenfüßlers möglich.

Die Verkürzungsgebilde, welche die durch die Schwere gebotenen Widerstände überwinden, können uns am Ehesten von der Unrichtigkeit dieser Ansicht überzeugen. Stehen wir aufrecht, so strecken die Rückenmuskeln die Wirbelsäule, die sich unter der Last der vor ihr liegenden Gebilde zu beugen sucht (Bd. I. §. 88.). Legen wir uns auf den Bauch, so müßte sich die Wirbelsäule jener Annahme gemäß nach hinten oder oben aushöhlen. Der Kopf würde unter den gleichen Verhältnissen nach oben gezogen. Die tägliche Erfahrung lehrt aber, daß dieses nicht der Fall ist. Eine besondere Anregung muß erst die Muskelverkürzung bedingen. Die Thätigkeit durchdringt nicht fortwährend die lebenden Bewegungsmassen; sie kann daher auch nicht bloß von den Gegenfüßlern gehemmt und ihres freien Spieles beraubt worden sein.

Andere Erfahrungen führen zu dem gleichen Schlusse. Der innere und der äußere gerade Augenmuskel bilden einfache Antagonisten. Durchschneidet man den inneren in dem Hunde, so springt der Augapfel nicht sogleich, wie wenn einer der Anzugsstricke gelöst worden wäre, nach außen zurück. Die Veränderung stellt sich oft erst nach längerer Zeit ein.

2640 Biegen wir die Glieder einer Leiche, so wird der eine Muskel ausgedehnt und sein Gegenfüßler zusammengeschoben. Ein Mensch kann den gleichen Versuch an einem anderen Menschen anstellen. Es stehen sich hier nicht Verkürzung und Erschlaffung, sondern Erschlaffung und Erschlaffung gegenüber. Ziehen wir den einen Theil selbstständig zusammen, so kommt eine neue einseitige Anregung hinzu. Man kann daher nicht einmal behaupten, daß der so vieldeutige Begriff des Muskeltonus für die Antagonisten unerläßlich sei.

Störungen des regelrechten Gleichgewichtes. — Die meisten orthopädischen Gebrechen gehen aus diesen Unordnungen hervor. Es können sich hierbei alle Bewegungswerkzeuge oder nur die passiven oder die activen betheiligen. Der letzte Abschnitt der Bewegungslehre, in dem wir die einzelnen Gebilde des menschlichen Körpers betrachten, wird uns Beispiele der mannigfachsten Art kennen lehren.

Sind die Knochen oder die Weichgebilde der Gelenke mißgestaltet, so ändert sich die Lage oder die Hebelwirkung der von ihnen abhängigen Theile. Geht das Leiden von den Muskeln oder den Sehnen aus, so können zweierlei Grundbedingungen störend eingreifen. Die Theile sind an und für sich zu kurz oder zu lang. Das rein mechanische Verhältniß widerspricht dann den regelrechten Bedingungen. Es ist aber auch denkbar, daß sich eine Muskelmasse unausgesetzt verkürzt, daß sie ihren Ladungszustand nicht aufgiebt. Ein organisches Mißverhältniß ruft daher die mechanische Abweichung hervor.

Der erstere Fall rührt häufig von krankhaften Entwickelungszuständen her. Regelwidrige Stellungen, wie sie manche Formen der Klumphände und der Klumpfüße darbieten, gehören zu den Bildungen, die auch dem gesunden Fötus zukommen. Bleiben sie zurück, so erhalten wir eine Abweichung, die in der ursprünglichen Anlage der Theile begründet ist. Wir dürfen uns übrigens nicht vorstellen, daß die Muskeln und die Sehnen allein die Schuld tragen. Die Gestalt der Knochen und der Weichgebilde des Gelenkes verbieten hier oft schon die Rückkehr in die gewöhnliche Lage. Sie müssen sich erst in Folge der Ernährungsverhältnisse ändern, wenn die Trennung der Muskeln und der Sehnen die Ausbildung der gewöhnlichen Zustände möglich machen soll.

Verwundungen und regelwidrige Heilungen können ähnliche Uebelstände in dem Erwachsenen hervorrufen. Sie werden nur im Ganzen zufälligere Verhältnisse als die Mißbildungen, die aus der Fötuszeit stammen, herbeiführen.

Man muß übrigens noch unterscheiden, ob sich die Längenverminderung auf die Sehne oder auf den Muskel bezieht. Ist die Sehne zu kurz, so erhält sie den Theil in einer bestimmten regelwidrigen Stellung, wenn Alles erschlafft oder das Gegenstück zusammengezogen ist. Viele Menschen sind aus diesem Grunde außer Stande, ihre Finger vollkommen gerade zu strecken. Sind aber die Muskelfasern zu kurz, so geht ein Theil des Bogens, in dem die ihnen unterworfenen Stücke spielen, verloren, die weichere Beschaffenheit der Muskelmasse gestattet dagegen ein freieres Spiel der Antagonisten. Eine zu kurze Sehne kann ebenfalls jenen Nachtheil veranlassen. Die Störung der Gegenfüßler hängt aber hier eher von den hemmenden Gebilden des Gelenkes ab.

Die organischen Ursachen der Muskelverkürzungen gehen fast immer, wie es scheint, von dem Nervensysteme aus. Regelwidrige Spannungen unterhalten hier ein Mißverhältniß der Theile, die für gleichartigere Anregungen berechnet sind. Zweierlei Verhältnisse können auch hier zum Vorschein kommen.

Das Gegenstück, das bei der krankhaften Stellung unterliegt, bewahrt noch seine Kraft. Der andere Muskel erfreut sich nur eines fortwährenden Ueberschusses von Verkürzung und siegt daher auf diese Weise. Die Begünstigung des einen Kopfnickers (Sternocleidomastoideus) ruft so den schiefen Hals (Caput obstipum) hervor. Die eine

Seite der Strecker des Nackens, des Rückens und der Lenden kann die Wirbelsäule schief ziehen, der zweiköpfige Schenkelmuskel (Biceps femoris), der halbsehnigte und der halbhäutige Muskel (Semitendinosus und Semimembranosus) das Knie krümmen, der Wadenmuskel die Ferse emporhalten, der eine gerade Augenmuskel ein einseitiges Schielen veranlassen.

Manche Lähmungserscheinungen führen noch zu einem anderen Grundverhältnisse. Eine Parthie von Muskeln wird vollkommen oder unvollkommen gelähmt und eine andere krankhaft verkürzt. Es erzeugen sich daher anhaltende regelwidrige Stellungen, die Kniee werden z. B. in manchen Rückenmarksleiden so sehr gebogen, daß die Ferse das Gesäß berührt. Die Theile bleiben in dieser Lage oder schnellen sogleich in sie zurück, so wie die Gewalt, die ihnen eine andere Richtung verliehen, losläßt.

Befindet sich häufig ein Theil in einer fortdauernden unangemessenen Stellung, so erhält er die Neigung, seine regelwidrige Lage zu behaupten oder sie wenigstens ohne äußere Veranlassung von Neuem anzunehmen. Menschen, die viel schreiben, Frauen, die den ganzen Tag nähen, gewöhnen sich daher leicht eine schiefe Haltung an. Streckapparate dienen in umgekehrter Weise, indem sie Muskeln, die sich übermäßig verkürzen, auf ihre natürliche Länge zurückzuführen suchen. Manche gymnastische Uebungen, die man bei Rückgrathsverkrümmungen versucht, wie z. B. das Aufhängen an den Händen, haben nicht bloß zum Zweck, die Muskelmasse zu kräftigen, sondern auch das Gegenstück des krankhaft verkürzten Theiles zu stärken. Uebermäßige oder zu lange fortgesetzte Spannungen, wie sie nicht selten der unüberlegte Gebrauch der Streckbetten mit sich führt, schaden häufig durch Erschlaffung. Der nöthige Halt geht um so eher verloren.

Durchschneidet man die schuldige Sehne oder den Muskel eines verkürzten Theiles, so bemüht man sich, eine größere Lücke, die sich später mit Narbenmasse füllt (Band I. Seite 718.) zu erreichen. Können geeignete Verbände den Zwischenraum während der Dauer der Heilung vergrößern, so gelangt man um so eher zum Ziele. Läßt sich der Theil nicht festhalten, so wird schon der Erfolg zweifelhafter. Die Sehnendurchschneidung hilft daher im Ganzen sicherer bei dem Pferdefuße, als bei dem Schielen. Der Augapfel befindet sich aber noch eines anderen Verhältnisses wegen im Nachtheil. Man findet nämlich häufig, daß die Augen eines Schielenden, der kurz vorher operirt worden, regelrecht stehen, später dagegen in ihre krankhafte Stellung von Neuem verfallen. Die schädliche Anregung und die übermäßige Verkürzung kehren daher abermals wieder. Die Narbe kann sich überdieß mit der Zeit verlängern und so zu dem alten Uebel zurückführen.

Wir werden in der Folge finden, daß der gesunde Muskel nur eine bestimmte Zeit zusammengezogen bleibt, später dagegen, wenn auch der ursprüngliche Reiz fortwirkt, erschlafft. Es ist aber nicht nachgewiesen, daß dieses Gesetz bei jenen einseitigen Muskelverkürzungen, die selbst von Nerveneinflüssen herrühren, aufgehoben wird, daß die Monate und Jahre lang anhaltende Längenverminderung von genau den gleichen Molecularveränderungen, welche die lebendige Zusammenziehung begleiten, abhängt. Wir können uns auch vorstellen, daß hier ein Wechsel der inneren Beschaffenheit, wie er z. B. die Todtenstarre begleitet, jedoch ohne den nothwendigen Verlust der Reizbarkeit (§. 2316.) zu Stande kommt.

III. Allgemeine Maaßbestimmungen der Bewegungsverhältnisse.

Gegenseitige Massenvertheilung. — Gehen wir von der Ueber- 2641
zeugung aus, daß die Natur die möglichste Zweckmäßigkeit und Sparsamkeit in dem Bau der Thiere verbunden hat, so folgt von selbst, daß die Durchmesser, die Oberflächen, der Rauminhalt und die Gewichte der thätigen Theile gegenseitig genau berechnet sind. Diese Größen müssen in jedem einzelnen Stücke mathematische Functionen der ihnen entsprechenden Organe oder der gesammten Körpermasse bilden.

Bleiben sich die wechselseitigen Bedingungen in zwei Geschöpfen gleich, so werden auch dieselben Beziehungen wiederkehren. Aendern sich dagegen eines oder mehrere der Bedingungsglieder, so müssen auch die Funktionen abweichen.

2642 Die Massen unseres Körpers sind so vertheilt, daß verhältnißmäßig die günstigsten Verhältnisse des Schwerpunktes (Bd. I. §. 233.) für die gewöhnlichen Stellungen geliefert werden. Die seitlich symmetrische Wiederholung der meisten Bewegungswerkzeuge gewährt eine Reihe von Vortheilen, die wir schon in dem vorigen Abschnitte kennen gelernt haben. Die oberen Extremitäten, die mehr den Kunstfertigkeiten als dem Lasttragen dienen, haben eine größere Beweglichkeit und weniger Masse als die unteren. Viele verwickeltere Bewegungen stoßen hier auf günstigere Bedingungen, während die mit einer gewissen Einseitigkeit verbundene Kraft in den unteren Extremitäten vorherrscht.

2643 Betrachten wir die gegenseitigen Massenverhältnisse von beiden an einem passenden Beispiele, so wollen wir die Leiche eines 67jährigen Mannes, dem der linke Fuß zerschmettert worden und der drei Tage nach der bald darauf vorgenommenen Ablösung des Unterschenkels gestorben war, für unsere Rechnung benutzen. Die Glieder der rechten Seite wurden Anhang Nr 104. hier mit dem größten Theile der Schulter- und Beckenmuskeln, welche den Oberarm und den Oberschenkel bewegen, losgelöst.

Das Gesammtgewicht der rechten oberen Extremität verhielt sich zu dem der rechten unteren = 1 : 2,71. Oberarm und Oberschenkel ergaben 1 : 2,94; Vorderarm und Unterschenkel 1 : 2,43 und Hand und Fuß 1 : 2,26. Das größte Uebergewicht fiel also auf die Rumpf- und das kleinste auf die Endglieder.

Vergleichen wir die von ihren Sehnen möglichst befreiten Muskeln mit den entsprechenden Knochengebilden, so fanden sich 5,29 : 1 für den Oberarm, 5,37 : 1 für den Oberschenkel, 2,85 : 1 für den Vorderarm und 1,80 : 1 für den Unterschenkel. Die Muskelmassen des Beines waren daher ihren frischen Knochen gegenüber bevorzugt. Der Minimalwerth fiel aber auf den Unterschenkel mit seinem pfeilerartig aufgerichteten Schienbein. Es versteht sich von selbst, daß die Knochen- und die Bandgebilde der Hand und des Fußes das Uebergewicht über die wenigen Muskeln und die reichlicheren Sehnen, die hier angebracht sind, erlangen.

Der Oberarmknochen verhielt sich zum Oberschenkel = 1 : 2,8 und die entsprechende Muskulatur = 1 : 2,82. Die Skeletttheile der oberen und der unteren Extremität hatten 1 : 3,2 und ihre Muskeln 1 : 1,98. Man sieht hieraus, wie sehr verhältnißmäßig die Muskeln des Vorderarmes begünstigt werden.

Vergleichen wir endlich die drei Hauptstücke jeder der beiden Gliedmaaßen, so zeigte sich 1 : 1,9 : 4,3 für die Hand, den Vorder- und den Oberarm. Fuß, Unter- und Oberschenkel dagegen lieferten 1 : 2 : 5,6. Die untere Extremität eines Mannes, die Theile bestimmte, ergab 1 : 2,3 : 5,3.

2644 Es läßt sich erwarten, daß alle diese Verhältnißgrößen mit der Per-

sönlichkeit des Menschen und vorzüglich dem Alter wechseln werden. Die Wägungen, die Theile anstellte, führten z. B. zum Schlusse, daß sich das Gesammtgewicht des Armes eines zweijährigen Kindes zu dem des Beines = 1 : 1,96 verhielt. Die oberen Glieder herrschten daher hier in Verhältniß zu dem 67jährigen Manne vor. Alle vier Extremitäten nahmen beinahe gerade $^2/_5$ des Körpergewichtes in Anspruch.

Wir werden bald sehen, daß das Gewicht der Muskeln kein allge- 2645
meines Maaß ihrer Zugkraft liefern kann. Die Länge, der Verlauf und die Anfügung bilden hier wesentliche Zwischenglieder, die sich nicht in dem Gewichte der Masse gleichartig ausdrücken. Bedenken wir überdieß, wie schwankend die Bestimmung der Antagonisten ausfällt (§. 2635.), so muß man zugeben, daß die Gewichtswerthe derselben nur sehr bedingte physiologische Anwendungen gestatten. Sie geben dafür sicherere Anhaltpunkte zur Beurtheilung der Entwickelungsverhältnisse der Gebilde.

Legen wir z. B. die Ergebnisse, die Theile für einen sehr kräftigen 34jährigen Selbstmörder erhalten hat[1]), zum Grunde, so verhielten sich die Gewichte der Beuger zu denen der Strecker wie 1 : 0,29 an den Fingern, wie 1 : 1,035 am rechten, wie 1 : 1,068 am linken Ellenbogen und wie 1 : 2,206 an dem linken Kniee. Die Pronatoren und Supinatoren der Hand hatten 1 : 1,589. W. und Ed. Weber[2]) schlagen ebenfalls das Verhältniß der Beuge- und Streckmuskeln des Kniees zu 1 : 2,2 an.

Wir sehen hieraus, daß der Ellenbogen, der seiner freien Schwebung halber keine Veranlassung zum Einknicken giebt, fast gleich schwere Antagonisten hat. Die Strecker erhalten dagegen am Kniee doppelt so viel Masse, als die Beuger.

Der Schwerpunkt der einzelnen Stücke hängt von der Form und der 2646
Massenvertheilung ihrer Gebilde ab. Nehmen wir wiederum jenen 67jährigen Mann (§. 2644.) als Beispiel.

War der losgelöste Arm ausgestreckt, so fiel die senkrechte Schwerebene des Ganzen in die Nähe des Ellenbogengelenkes. Wurde der Oberarm mit seinen Muskeln entfernt und setzen wir den geradlinigten Längenabstand von der Oberfläche der Speiche bis zur Spitze des Mittelfingers = 1, so lag die Schwerebene von Vorderarm und Hand, wenn Anhang Nr. 103.
sie in einer Linie fortgingen und die Finger etwas eingeschlagen waren, $^2/_5$ von dem Ende der Speiche und $^3/_5$ von dem des Mittelfingers entfernt. Die der Hand selbst stand etwas mehr, als $^1/_3$ von dem Vorderarm-Handwurzelgelenke und etwas weniger, als $^2/_3$ von der Spitze des ausgestreckten Mittelfingers ab. Die Finger befanden sich dabei in derselben Lage, wie in dem vorigen Falle.

Die Schwerebene des wagerecht gehaltenen Oberschenkels und der Anhang Nr. 103.
Muskeln, die sich an ihn anfügen, war beinahe genau $^2/_5$ von dem höchsten Punkte des Schenkelkopfes entfernt. Das Knie befand sich dabei in

---

[1]) Siehe erste Auflage dieses Werkes. Bd. II. S. 156.
[2]) W. u. Ed. Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen, 1836. 8. Seite 218.

möglichst starker und der Fuß in halber Streckung. Wurde der Unterschenkel mit der Kniescheibe und dem Fuße losgetrennt, so fiel die senkrechte Schwerebene nur um ein Unbedeutendes über die Hälfte des Abstandes von der mittleren Erhabenheit des Schienbeines und dem entsprechenden Theile der Fußsohle nach dieser hin hinaus. Die des Fußes endlich lag ebenfalls beinahe in der Mitte zwischen der Projectionsfläche der Ferse und der Zehenspitzen, doch jener etwas näher, als diesen.

2647 Fällte man ein Loth von dem Drehpunkte des Unterschenkel-Sprungbeingelenkes auf jene Grundflächenebene, so halbirte es fast genau die Entfernung, um welche die Hinterfläche der Ferse von der senkrechten Schwerebene abstand. Wir haben aber früher (§. 2610.) gesehen, daß die Wadenmuskeln, wenn sie den frei schwebenden Fuß beugen oder strecken, an einem zweiarmigen Hebel arbeiten. Er war hiernach an dem näher geprüften Fuße beinahe gleicharmig. Griffen die Wadenmuskeln senkrecht an, so brauchten sie nur so viel, als der Fuß wog, zu überwinden.

Es wurde schon §. 2478. dargestellt, welche Mittel die Natur zu Hilfe zieht, um die Knochen möglichst leicht zu machen. Das Oberschenkelbein wog fast eben so viel, als die gesammte Haut des Oberschenkels und des Gesäßes. Die allgemeinen Decken verhielten sich zu dem Knochengewichte des Unterschenkels $= 1 : 3$. Sie machten am Fuße etwas weniger als $\frac{1}{3}$ der Knochen, der Bänder, der Sehnen und der wenigen hier befindlichen Muskeln aus.

Die mathematischen Betrachtungen, die Prechtl über den Flug der Vögel angestellt hat, führten ihn zu mehreren Sätzen, nach denen sich der Schwerpunkt, die Oberflächen und die Gewichte der Flügel aus manchen anderen Factoren annähernd bestimmen lassen.

Es läßt sich hiernach zeigen [1]), daß der Schwerpunkt des fliegenden Vogelkörpers in dem Scheitel der paraboliſchen Widerstandslinie der Zweckmäßigkeit der Einrichtung wegen fallen muß. Die Erfahrung hat diesen Schluß bestättigt. Die Lage des Schwerpunktes und die Flügelbreite stehen auf diese Weise in wechselseitiger Beziehung zu einander.

Die Oberfläche des gestreckten Ruderflügels läßt sich, abgesehen von den breiten Fahnenausschnitten der Ruderfedern, berechnen, wenn man ihre Breite und Länge als Grundwerthe einer Parabel von gleichem Widerstande ansieht [2]). Bleiben die Nebenverhältnisse gleich, so verhalten sich die vierten Potenzen der Flügelschläge wie die Körpergewichte und umgekehrt wie die Flügelflächen oder die Kuben der Flügellängen [3]). Das Gewicht der Flügel steht endlich mit der Quadratwurzel des Körpergewichtes, der Flügelfläche und des Widerstandspunktes derselben, so wie mit dem Körpergewicht und der Entfernung des Ansatzes des großen Brustmuskels von dem Drehpunkte des Oberarmes in Beziehung [4]).

2648 Gelenke. — Wir haben (Bd. I. §. 177.) gesehen, daß der äußere Luftdruck die Gelenke zusammenhält und die Muskeln entlastet. Wir wählten zur näheren Erläuterung ein Beispiel, dessen Grundwerthe möglichst ungünstig für die Wirkung des Luftdruckes ausfielen. Das Gewicht des Schenkels überstieg das gewöhnliche Mittel; die Durchmesser der wir-

---

[1]) J. J. Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien, 1846. 8. S. 213.
[2]) Prechtl, a. a. O. S. 187. [3]) Prechtl, a. a. O. S. 224.
[4]) Prechtl, a. a. O. S. 220. 221.

kenden Druckflächen standen dagegen hinter den in der Regel vorkommenden Durchschnittsgrößen zurück. Die Barometerhöhe des Meeresspiegels gab dessenungeachtet ein Gewicht, das die Last des Schenkels überstieg. Wir wollen jetzt die Zahlen, die sich an dem §. 2643. erwähnten Manne fanden, zum Grunde legen, um mit unmittelbaren Erfahrungsgrößen zu rechnen und die Schlüsse, die hieraus gezogen werden können, zu entwickeln. Bd. I. Anhang Nr. 16.

Der Oberschenkel des Mannes war so abgelöst worden, daß nicht 2649
bloß alle Muskeln, die sich äußerlich an das Becken anfügen, sondern auch der innere Hüftbeinmuskel (Iliacus internus) und der innere Verstopfungsmuskel (Obturator internus) längs ihrer ganzen Ausdehnung und der größere Lendenmuskel (Psoas major) zur Hälfte mitgenommen wurden. Das Gewicht des Schenkels, das 8,4 Kilogr. betrug, fiel daher Anhang Nr. 104.
eher zu groß, als zu klein aus. Die Oberflächen des Hüftgelenkes und des Schenkelkopfes nahmen aber so viel Raum ein, daß der Querschnitt, nach dem der Druck der Atmosphäre bestimmt werden muß (Bd. I. §. 177.), mehr, als das Doppelte der Schenkellast für den Barometerstand des Meeres ausmachte. Sollte er nur die Schenkellast im Gleichgewichte halten, so mußte der Barometerstand auf 341,4 Mm. sinken. Die Muskeln des Menschen hätten daher noch Nichts auf der Höhe des Montblanc zu tragen brauchen.

Der Arm belegt diesen Satz noch deutlicher. Wir wollen hier alle 2650
Werthe so ungünstig als möglich annehmen. Das Glied enthielt nicht bloß die sämmtlichen Muskeln, die den Oberarm bedecken, sondern auch noch die ganze Masse des großen Brustmuskels (Pectoralis major), des Armhebers (Deltoideus) und des Untergräthenmuskels (Infraspinatus). Wog es dabei 3,1 Kilogr., so ist wiederum dieser Werth für unseren Zweck größer, als er sein sollte.

Die Oberfläche der Gelenkfläche des Schulterblattes bildet kein vollkommenes Oval, sondern verlängert sich nach außen hin in einen schmaleren Theil. Lassen wir selbst diesen ganz bei Seite und berechnen wir auch nur den elliptischen Querschnitt, der dem größeren Oval entspricht, Anhang Nr. 104.
so erhalten wir schon eine Druckgröße, die fast doppelt so viel (= 1,96), als das Armgewicht beträgt, bei 760 Mm. ausmacht. Die vollkommene Entlastung foderte dann 387,1 Mm. Der Barometerstand des Montblanc liegt aber noch über 400 Mm. (Bd. I. §. 177.).

Mechanische Verhältnisse bestimmen die Oberflächen der Gelenke und 2651
die Querschnitte, welche die entsprechenden Knorpel- und Knochengebilde liefern. Es versteht sich von selbst, daß sie nicht bloß von der Größe der drückenden Luftsäule abhängen können. Lehren aber das Schulter- und das Hüftgelenk, daß der Luftdruck in den bewohnten Gegenden mehr trägt, als dem Gewichte der befestigten Theile entspricht, so können wir schon dem äußeren Ansehen nach schließen, daß sich dieses Mißverhältniß für die meisten übrigen Gelenke erhöhen werde.

Versuchen wir wiederum, die Berechnung an den Gliedern des er- 2652
wähnten Mannes anzustellen und legen wir eher zu kleine, als zu große Oberflächen zum Grunde, so ergiebt sich, daß das Ellenbogengelenk unge-

Anhang Nr. 104.

fähr 6 Mal so klein, als es ist, auszufallen brauchte, um am Meeresspiegel das Gewicht des Vorderarmes und der Hand zu entlasten. Dieser Werth kann zu 8 für das Vorderarm-Handgelenk, zu 35 für das Gelenk des Zeigefingers und seines Mittelhandknochens, zu 9,4 für das Kniegelenk und zu 14 für das Unterschenkel-Fußgelenk angeschlagen werden.

2653 Wir müssen hieraus schließen, daß der Luftdruck nicht bloß die Muskeln entlastet, sondern auch noch selbst die gelenkig verbundenen Knochen auf den größten europäischen Höhen mit einem gewissen Gewichte an einander preßt.

Wir haben gesehen (Bd. I. §. 166.), daß bisweilen Menschen, die hohe Berge besteigen, plötzlich ermatten und selbst hierdurch an der Fortsetzung ihrer Reise gehindert werden. W. und Ed. Weber glaubten annehmen zu können, daß dann der Luftdruck zu schwach sei, um die Muskeln für den Halt der Gelenkstücke überflüssig zu machen. Diese würden daher das Gewicht der Glieder tragen und um so leichter ermüden. Fast alle späteren Forscher haben die gleiche Erklärung angenommen. Die eben mitgetheilten Berechnungen sprechen in hohem Grade gegen diese Auffassungsweise.

2654 Geschwindigkeit der Muskelverkürzung. — Die kürzeste Zeit, welche die Zusammenziehung und Erschlaffung in Anspruch nimmt, fällt in den verschiedenen Muskeln ungleich aus, weil hier die Uebung die Hauptbedingung bildet. Wir werden aber bald finden, daß die Dauer, während welcher die sehr raschen Bewegungen fortgesetzt werden, ein zweites wesentliches Bestimmungsglied des Ganzen darstellt.

2655 Nehmen wir an, daß ein Soldat 80 Schritte in der Minute bei dem gewöhnlichen Manövriren macht (Bd. I. §. 248.), so kommen $^3/_4$ Secunden auf jeden derselben. Kann er es in Sturmschritt auf 200 bringen, so haben wir 18 Tertien für eine einzelne Schrittbewegung. Die Muskeln eines jeden der beiden Beine müssen sich aber während dieser kurzen Zeit zusammenziehen und erschlaffen. Viele von ihnen wirken überdieß auf ungleiche Weise in den verschiedenen Augenblicken. Eine bestimmte Thätigkeit von ihnen kann daher nur eine geringe Zahl von Tertien in Anspruch nehmen. Bedenken wir überdieß, daß Schnellläufer die größere Geschwindigkeit, die sie erreichen, nicht sowohl durch die Länge, als durch die vergrößerte Zahl der Schritte zu Stande bringen, so müssen wir schon hieraus entnehmen, daß die Dauer einer selbst kraftvollen Muskelverkürzung eine kaum meßbare Zeit zu erfodern vermag.

2656 Ich bin im Stande, einen mir geläufigen Herameter, der aus 45 Buchstaben besteht, in 2 Secunden deutlich herzusagen. Da aber jeder von diesen eine besondere Stellung der Sprachwerkzeuge voraussetzt, so kommen nur $2^2/_3$ Tertien auf je eine der hierzu nothwendigen Veränderungen.

2657 Die Einflüsse der Uebung und der Zeitdauer, während der die Bewegungen fortgesetzt werden, giebt sich in musikalischen Künstlern am Deutlichsten zu erkennen. Ich, der ich seit vielen Jahren die Violine nicht mehr berührt habe, kann nur den Mittelfinger meiner linken Hand

20 bis 30 Mal in 5 Secunden im Freien beugen und strecken. Einer der besten Violinspieler meiner Bekanntschaft brachte es in dieser Beziehung an seinem Instrumente auf 48 bis 50 Schläge für den Mittel-, auf 40 bis 45 für den Ring- und auf 20 bis 25 für den kleinen Finger. Er war im Stande, 45 bis 50 Mal in 5 Secunden mit den genannten Fingern abzuwechseln. Nehmen wir nun an, daß sich der Mittelfinger 50 Mal in 5 Secunden beugte und streckte, und vertheilen wir diese beiden entgegengesetzten Zustände auf gleiche Zeiträume, so haben wir 3 Tertien für eine Zusammenziehung, die kräftig genug ist, um die Saite der Violine in dem beabsichtigten Grade niederzudrücken und anzuspannen.

Ein sehr ausgezeichneter Clavierspieler theilte mir mit, daß er, wenn die Finger zum Theil eingeknickt waren, die Hand im Ganzen 360 Mal in der Minute zu beugen im Stande sei. Der Zeigefinger allein ergab 320, der Mittelfinger 310, der Ringfinger 180 und der kleine Finger 310. Der Minutenwerth glich 360 für Zeige-, Mittel- und Ringfinger zugleich, 340 für die drei äußeren Finger, 260 für den vierten und fünften und 360 für den dritten und vierten Finger. Wurde aber die Arbeit nur eine halbe Minute fortgesetzt, so konnte der Zeigefinger 100 bis 200 Mal innerhalb dieser Zeit gebeugt und gestreckt werden. Legen wir die für die ganze Hand angegebene Zahl zum Grunde, so haben wir nur 5 Tertien für die Verkürzung und eben so viel für die Erschlaffung. Arbeitete der Zeigefinger 200 Mal in der halben Minute, so erhält man sogar $4\frac{1}{2}$ Tertien.

Blickt man abwechselnd nach einer von zwei Stecknadeln, die unter 2658
einem bestimmten Gesichtswinkel aufgestellt sind, und setzt dieses eine halbe Minute lang fort, so fodert jede dieser Veränderungen nach Volkmann[1]) 18 Secunden als Minimum. Drei Umstände verbinden sich aber hier offenbar, um die Zeitdauer zu vergrößern. Die Augenmuskeln sind nicht so geübt, als die Finger eines musikalischen Künstlers. Sie kommen unter den gewöhnlichen Verhältnissen nie in den Fall, den Augapfel $\frac{1}{2}$ Minute lang hin und her zu wenden. Beschränkte man daher diese Arbeit auf wenige Drehungen des Augapfels, so würde man schon wahrscheinlich etwas kleinere Zeitwerthe der geringeren Ermüdung wegen erhalten. Da man endlich genöthigt ist, jede der beiden Stecknadeln mit dem Blicke aufzufassen, so kann man einige Tertien verlieren, ehe man die zweite Wendung einzuleiten beginnt.

Aehnliche Bestimmungen, die den Menschen und die Thiere betreffen, finden sich bei Haller, Elementa physiologiae. Tom. IV. pag. 481 — 83.

Die größte Geschwindigkeit der Muskelbewegung kommt wahrscheinlich in der Insektenwelt vor. Man hat aus der Höhe des dabei erzeugten Tones berechnet, daß eine gejagte Stubenfliege 4000 Flügelschläge in der Secunde macht. Eine jede dieser Veränderungen, die eine Verkürzung und eine Erschlaffung der entsprechenden Muskeln voraussetzt, fodert daher hier nur $\frac{1}{67}$ Tertie.

Zahl der Muskelfasern. — Wir werden bald sehen, daß die 2659
Menge der Muskelfasern, die ein Verkürzungsgebilde enthält, die Kraft

[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 276.

desselben bestimmen hilft. Wir müssen daher untersuchen, mit welchem Grade von Genauigkeit wir diese Größe ermitteln können.

Da die einzelnen Fasern desselben Muskels ungleiche Querdurchmesser besitzen und auf verschiedene Seitenabstände vertheilt sind, so vermag uns der mittlere Durchmesser eines dieser Gebilde kein Maaß der Beurtheilung zu liefern. Wir sind genöthigt, uns feine Durchschnitte, am Besten mit dem Doppelmesser, zu bereiten und an ihnen mittelst des Schraubenmikrometers oder eines in dem Diaphragma des Oculars befindlichen Faden- oder Glasmikrometers zu bestimmen, wie viel Fasern auf eine bestimmte Querschnittsgröße kommen.

Die Zahl der Muskelfasern wechselt in den einzelnen Muskeln und selbst in den verschiedenen Muskelbündeln. Keiner der hier zu erhaltenden Werthe kann daher auf eine allgemeinere Bedeutung Anspruch machen. Er vermag höchstens einen ungefähren Begriff über ein einzelnes Verhalten darzubieten.

Mehrere Umstände vereinigen sich, die Fehlerquellen dieser Bemühungen zu vergrößern. Viele frische Muskeln können nicht zu solchen Forschungen gebraucht werden, weil die Fig. 32. S. 54. abgebildeten Veränderungen der Durchschnittsstellen das Bild trüben und jede genauere Messung oder Zählung vereiteln. Die größere Nachgiebigkeit älterer Muskeln ist aber im Stande, zu Täuschungen zu führen. War auch das Doppelmesser noch so scharf geschliffen, wird es auch noch so vorsichtig gehandhabt, so droht doch immer die Gefahr, daß die Fasern auseinander gezerrt oder zusammengedrückt werden. Die Befeuchtung mit Wasser erhöht leicht diesen Uebelstand; die mit Oel beseitigt ihn wenigstens nicht. Jede noch so vorsichtige Ausbreitung des Präparates kann die einzelnen Abstände der Faserdurchschnitte ändern. Einzelne Fasern legen sich nicht selten um. Hält man sich daher nicht an vollkommen gelungene Präparate, so kann man schon aus diesem Grunde unrichtige Zahlen bekommen. Denn jeder kleine Fehler vervielfältigt sich in bedeutendem Grade, so wie man die Grundwerthe auf die Berechnung für einen Quadratcentimeter überträgt. Der geradlinigt begrenzte Raum der in dem Ocular angebrachten Faden- oder Glasmikrometer nöthigt oft, Bruchtheile von Muskelfasern schätzungsweise einzuführen. Da man die Grenzen mittelst des Schraubenmikrometers willkührlich bestimmen kann, so fällt wenigstens häufig der eben erwähnte Uebelstand bei seinem Gebrauche hinweg.

2660 Die Durchmesser der quergestreiften Muskelfasern eines und desselben Geschöpfes wechseln innerhalb beträchtlicher Grenzen. Man kann z. B. annehmen, daß sie zwischen 0,01 und 0,07 Mm. in dem Menschen zu liegen pflegen. Viele dieser Gebilde sind in der einen Richtung dicker, als in der anderen. Die feineren Fasern herrschen in dem einen und die stärkeren in dem anderen Muskelbündel vor. Nimmt man selbst die Durchschnittswerthe größerer Beobachtungsreihen, so kann man immer noch beträchtliche Abweichungen erhalten. Das Ergebniß wird sich endlich wesentlich ändern, je nachdem man die stärkeren Zellgewebsmassen, welche die Muskelbündel von einander sondern, berücksichtigt oder vernachlässigt.

2661 Brachte ich z. B. die Abstände in Rechnung, so zeigten 19 Grundbestimmungen, die ich an dem Schneidermuskel (Sartorius) eines kräftigen 22jährigen Mannes mit dem Schraubenmikrometer anstellte, daß ungefähr 28633 Muskelfasern auf einen Quadratcentimeter Querschnitt des ganzen Muskels kamen. Die einzelnen Fasern gehörten hier zu den dickeren, die in dem menschlichen Körper überhaupt vorkommen. Die Bauchmuskeln

des Frosches dagegen, die noch stärkere Fasern besitzen, lieferten nur 12755 für einen Quadratcentimeter.

Berücksichtigte ich dagegen bloß die Stellen, in denen Faser an Faser gedrängt war, und vernachlässigte die stärkeren nachgiebigen Zellgewebemassen, welche die größeren Bündel trennten, so erhielt ich 73342 Fasern für einen Quadratcentimeter des Brustzitzenmuskels (Sternomastoideus) einer jungen Katze. Unterwarf ich die einzelnen Bündel des Zungenbein-Schildknorpelmuskels (Hyothyreoideus) desselben Thieres einer doppelten Beobachtungsreihe, so fanden sich 55272 Fasern in der einen und 63775 in der zweiten Bestimmung. Wir sehen hieraus, daß die Werthe mit der Verschiedenheit der erwähnten Thierarten, den Eigenthümlichkeiten der Größe und des Alters der Geschöpfe und dem Wechsel der einzelnen Muskelmassen um das Fünffache schwanken können.

Da die meisten Muskelfasern keine kreisförmigen Querschnitte besitzen und in gewissen Abständen vertheilt sind, so muß man sich hüten, die Zahl der Fasern, die auf eine gewisse Querschnittseinheit kommen, aus dem mittleren Durchmesser, den man für eine Faser erhalten hat, berechnen zu wollen. Jeder Fehler, der sich in die Bestimmung der Grundzahl des Durchmessers einschleicht, wächst dann in quadratischem Verhältnisse. Die Vergrößerung des gefundenen Werthes, den die Vernachlässigung der Zwischenräume herbeiführt, theilt das gleiche Schicksal. Der mittlere Durchmesser der Fasern der oben erwähnten Bauchmuskeln des Frosches glich z. B. 0,05 Mm. Betrachten wir ihn als den eines Cylinders, so erhielten wir 50930 Fasern für einen Quadratcentimeter, während die richtige unmittelbare Messung nur 12755 ergab. Die Fasern des Brustzitzenbeinmuskels der jungen Katze hatten im Durchschnitt 0,030 Mm. und die des Zungenbein-Schildknorpelmuskels 0,035 Mm. im Durchmesser. Wir finden hiernach 141471 und 103938. Die richtigen Zahlen waren dagegen 73342 und 59524 im Mittel aus den zwei Bestimmungen des zuletzt genannten Muskels. Man sieht hieraus, daß man sich hier um das Zwei- bis Vierfache irren kann, wenn man ohne Weiteres von den mittleren Faserdurchmessern ausgehen will.

Wir werden später finden, daß es fast unmöglich ist, den mittleren 2662
Querschnitt eines Muskels mit völliger Sicherheit zu berechnen. Fassen wir vorläufig den Schneidermuskel ins Auge, so verschmälert er sich oben und unten, ehe er in seine sehnigten Anfügungsgebilde übergeht. Es müssen sich daher die zellgewebigen Hüllen oder die Muskelfasern selbst der Quere nach verkleinern. Wir werden demgemäß andere Querschnittswerthe erhalten, je nachdem wir nur ein Stück oder das Ganze berücksichtigen. Hätten wir daher z. B. bestimmt, wie viel Muskelfaser auf einen Quadratcentimeter des mittleren Theiles kommen, so dürfen wir diesen Werth nicht unbedingt auf die durchschnittliche Größe des ganzen Muskels übertragen. Wissen wir nicht mit Bestimmtheit, daß jede Faser von dem einen bis zu dem anderen Ende fortgeht, so können wir nur das Ergebniß auf die untersuchte Gegend allein beziehen.

Der Schneidermuskel der §. 2661. erwähnten Leiche war 5 Decimeter lang und wog 145,6 Grm. Nehmen wir an, daß seine Eigenschwere 1,0643 glich, so betrug sein mittlerer Querschnitt 2,973 Quadratcentimeter. Ein Mittelstück desselben, dessen Länge 1,891 Centimeter im Durchschnitt aus 10 Messungen betrug, hatte 6,92 Cubikcentimeter Rauminhalt. Sein mittlerer Querschnitt war daher 3,66 Quadratcentimeter. Die Zahl der Muskelfasern, die im Ganzen auf einen Quadratcentimeter kommen, wurde an diesem Theile bestimmt. Wir erhalten daher 104796 Muskelfasern für den ganzen Querschnitt dieser Gegend. Wir würden irren, wenn wir die Gesammtsumme nach dem

Bd. I. Anhang Nr. 16.

mittleren Totalwerthe 2,97 Quadratcentimeter berechnen wollten, weil offenbar mehr Muskelfasern an den schmäleren und noch nicht sehnigten Stellen auf einen Quadratcentimeter kommen müssen.

2663 **Verkürzungsgröße, Kraft und Nutzwirkung der Muskeln.** — Zieht sich eine Muskelfaser zusammen, so verräth ihre Längenabnahme die Größe der Verkürzung. Das höchste Gewicht dagegen, das sie dabei emporziehen kann, bezeichnet den Kraftwerth, mit dem sich ihre Breite auf Kosten ihrer Länge vergrößert. Es wird auf diese Weise eine bestimmte Last um eine gewisse Höhe gehoben. Wir haben endlich schon früher (Bd. I. §§. 254. 255.) gesehen, daß die Mechanik das für eine gegebene Zeiteinheit gültige Product dieser beiden Größen mit den Namen der Nutzwirkung, des mechanischen Momentes oder der dynamischen Einheit zu bezeichnen pflegt.

Denken wir uns, ein 10 Centimeter langer Muskel verkürze sich eine Secunde lang um 5 Centimeter und hebe dabei 50 Grm., so wird seine Verkürzungsgröße $\frac{1}{2}$ oder 50%, seine Kraft 50 Grm. und seine für die Secunde gültige dynamische Einheit 250 Grammen-Centimeter betragen.

2664 Jede Muskelfaser besteht aus einer Reihe neben einander liegender Fäden und jedes Muskelbündel aus vielen benachbarten Muskelfasern. Stellen wir uns vorläufig das Ganze unter dem Bilde vieler und gleich dicker und gleich kräftiger Fäden vor, so ergiebt sich von selbst, daß die Verkürzungsgröße unter sonst übereinstimmenden Bedingungen von der Länge, die Kraft von der Zahl der Fäden oder dem Querschnitte des Ganzen und die dynamische Einheit von dem Producte beider, dem Volumen oder dem durch die Eigenschwere getheilten Gewichte der Gesammtmasse abhängen wird.

Lassen wir die bald zu erwähnenden Bedenken, die sich zwischen die Verhältnisse der Wirklichkeit und die eben angenommene Vorstellung drängen, bei Seite, so muß sich eine Muskelfaser, die 10 Centimeter lang ist und 100 gleichartige Fasern enthält, 10 Mal so stark verkürzen, aber keine größere Kraft, als eine in dem gleichen ursprünglichen Zustande befindliche Faser, die 1 Centimeter Länge und 100 Fäden hat, ausüben. Sind dagegen beide gleich lang und besitzt die eine 100 und die andere 1000 Fäden, so vermag diese mit 10 Mal so viel Kraft zu arbeiten. Sie kann sich aber nur um eben so viel verkürzen, wenn alle übrigen Bedingungen übereinstimmen. Die Muskelfaser, die 10 Centimeter lang ist und 1000 Fasern enthält, wird endlich dieselbe dynamische Einheit, wie die gleich beschaffene Faser, die nur einen Centimeter Länge und 1000 Fasern besitzt, darbieten.

2665 Der Schöpfer der genaueren wissenschaftlichen Bewegungslehre, Borelli[1]), trug diese auf einer unbedingten theoretischen Voraussetzung fußende Folgerung auf die Verhältnisse der Wirklichkeit über. Die Verkürzungsgröße hängt nach ihm von der Länge der Muskelfasern, das über-

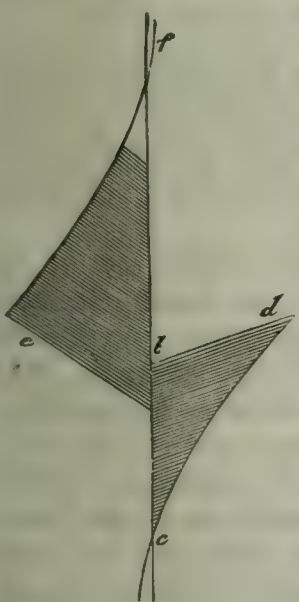
[1]) A. Borelli, De motu animalium. Pars I. Editio altera. Lugd. Batav. 1685. 4 p. 144 u. 157.

wundene Gewicht oder die Kraft von der Dicke, dem Querschnitte oder der Zahl der Fasern und das mechanische Moment von dem Producte beider Bedingungsglieder ab. Die Nachfolger Borelli's wiederholten in der Regel den Satz ohne weitere Einschränkung oder höchstens unter der Voraussetzung, daß alle Muskelfasern dieselbe Dicke besäßen [1]). Manche von ihnen bestimmten ohne Weiteres die Längen der Muskelfasern und die Querschnitte der Muskeln und brachten sie mit einzelnen, durch Versuche gefundenen Zahlen in Beziehung. Wir müssen daher untersuchen, welchen Fehlerquellen dieses Verfahren ausgesetzt zu sein vermag.

Wir sind im Stande, die verschiedenen Längen, welche die Muskel- 2666
fasern in ihrem ruhenden und ihrem verkürzten Zustande besitzen, mit Leichtigkeit zu bestimmen, wenn alle fadenförmigen Gebilde die gleiche Länge und denselben parallelen Verlauf haben. Kein Muskel erfüllt zwar diese Foderung im strengsten Sinne des Wortes. Die Abweichungen fallen aber z. B. in dem Kopfnicker (Sternocleidomastoideus), dem Brust-Zungenbein- und dem Brustschildknorpelmuskel (Sternohyoideus, Sternothyreoideus) des Menschen, dem Zungenbein-Zungenmuskel (Genioglossus), dem Schneidermuskel (Sartorius) [2]) des Frosches so gering aus, daß sie keine erheblichen Irrungen herbeiführen.

Anders dagegen verhält es sich in denjenigen Muskeln, die stärkere Sehnenblätter an einer oder an beiden Seiten tragen (§. 2462.). Denken wir uns die Verhältnisse am Schärfsten ausgesprochen, so haben wir ein oberes Sehnenblatt *ef* Fig. 118. an dem Ursprunge und ein unteres *cd* an dem Ende des Muskels. Die Hauptsehne *ac* verlängert sich mehr oder minder längs der Mittelachse der Muskelmasse *cf*. Die Muskelfasern gehen in schiefen Bahnen dahin. Sie haben überdieß die verschiedensten Längen, wie es die Striche anzudeuten suchen. Die Wadenmuskeln (Gastrocnemius und Soleus) können uns diese Verhältnisse am Ehesten versinnlichen. Man wird aber finden, daß das Gleiche an den meisten übrigen Muskeln wiederkehrt.

Fig. 118.



Verfolgte ich z. B. die Muskelfasern des Zwillingsmuskels (Gastrocnemius) eines 68jährigen Mannes auf geeigneten Schnitten von einem Sehnenblatte zum andern, so schwankte ihre Länge in dem äußeren Kopfe von 37 bis 72 und in dem inneren von 40 bis 60 Millimeter. Der Wadenmuskel ergab in dieser Hinsicht 16 bis 31 Mm. Die schiefen Fasern, die unmittelbar zur Achillessehne hinübergingen, standen noch zum Theil unter den genannten Minimalwerthen. Es ist daher unmöglich,

[1]) E. H. Weber, in Müller's Archiv. 1846. 8. S. 513.
[2]) Nach der von Dugès vorgeschlagenen Bezeichnung.

eine irgend richtige mittlere Länge hier herauszufinden, weil die ungleich langen Fasern auf die verschiedenste Weise und in den mannigfachsten Mengen vertheilt sind. Die Zahl der Messungen kann nicht die Fehlerquellen, welche diese Ursachen herbeiführen, beseitigen. Wenn es daher versucht würde, die mittlere Länge der Wadenmuskeln ferneren Bestimmungen zum Grunde zu legen[1]), so fehlt diesem Werthe die Sicherheit, welche die Zuverlässigkeit der abgeleiteten Zahlen unbedingt voraussetzt.

2667 Besteht ein Muskel aus parallelen Fasern, die in der Richtung der gemessenen Länge dahingehen, so wird auch die Verkürzung der Gesammtmasse die Längenabnahme richtig ausdrücken. Sind sie aber gegen die Linie, welche als Achse des Ganzen betrachtet wird, geneigt, so hängt es von ihrer Stellung ab, welche Abweichungen zu Stande kommen. Schneiden sie jene Längenachse unter den gleichen Winkeln, so müssen die absoluten Werthe zu klein ausfallen. Sie werden sich dann, wie die Länge der einen Kathete zu der der Hypothenuse verhalten. Das Verhältniß dagegen, in dem die verkürzte Faser zu der erschlafften steht, kann sich gleich bleiben, so lange die übrigen Nebenbedingungen dieselben Einflüsse ausüben. Wir haben nur ähnliche Dreiecke, deren entsprechende Seiten verglichen werden. Neigen sich dagegen die Fasern unter verschiedenen Winkeln zur Längenachse des Ganzen, so müssen nicht bloß die absoluten Werthe zu klein, sondern auch die verhältnißmäßigen Durchschnittsgrößen, die das Ganze giebt, unrichtig ausfallen. Da nun alle drei Fälle in der Wirklichkeit vorkommen, so ergiebt sich von selbst, daß man nicht ohne Weiteres die Zahl, die man für einen Muskel gefunden hat, auf einen beliebigen zweiten übertragen darf.

Die Ausdrücke, deren wir uns zur Darstellung des §. 2664. angeführten theoretischen Grundsatzes bedienten, fußen auf dem Vorbehalte, daß die Grundbedingungen, von denen die Längen der Muskelfäden bestimmt werden, die gleichen bleiben. Wir werden später sehen, daß die Spannung und die Molecularbeschaffenheit die Ausdehnung und die Verkürzung wesentlich ändern. Es können daher nur Größen, in denen jene Grundpfeiler dieselben Einflüsse besitzen, verglichen werden.

2668 Betrachtet die Theorie den Querschnitt als ein Bedingungsglied der Muskelkraft, so nimmt sie an, daß die Fäden auf das Engste zusammenliegen, daß alle Punkte der Durchschnittsfläche aus Atomen der Verkürzungsmasse bestehen. Kein Muskel genügt aber dieser Foderung. Vernachlässigen wir auch die Substanz, welche die Muskelfäden in jeder Faser zusammenhält, so trennen doch Perimysialhüllen der verschiedensten Dicke die einzelnen Muskelfasern. Der Raum, den diese einnehmen, wechselt von Muskel zu Muskel. Hätte ich daher auch die Kraft, welche der Querschnittseinheit eines Muskels entspricht, auf das Genaueste bestimmen können, so wäre es ein Irrthum, wenn man sie, wie es geschehen ist, auf einen zweiten verschiedenen Muskel desselben oder eines anderen Thieres

[1]) Ed. Weber, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. 2. Braunschweig, 1846. 8. S. 90. E. H. Weber, in Müller's Archiv. 1846. 8. S. 514.

übertrüge. Denn ein Quadratcentimeter Zungenschildknorpelmuskel (Hyoglossus) des Frosches ist etwas Anderes, als ein Quadratcentimeter Wadenmuskel (Gastrocnemius und Soleus) des Menschen.

Der Satz, daß die Kraft der Muskeln der Zahl der Muskelfasern 2669
entspreche, gilt natürlich nur unter der der Wirklichkeit widerstreitenden Voraussetzung, daß alle Fasern die gleiche Dicke besitzen. Da aber dieses in der That nicht der Fall ist, so kann die bloße Menge derselben kein Maaß für die Muskelkraft liefern. Nur das Verhältniß der Masse der gleich dick angenommenen Muskelfäden zu den fremdartigen, nicht verkürzbaren Gebilden vermag hier als Bestimmungsglied aufzutreten.

Wir haben gesehen (§. 2662.), daß die Berechnung des Querschnittes 2670
die Kenntniß der Länge, des Rauminhaltes oder des Gewichtes und der Eigenschwere voraussetzt. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß es unmöglich ist, den mittleren Querschnitt schief- und ungleichfaseriger Muskeln, wie der Wadenmuskeln des Menschen, mit Sicherheit aufzufinden. Eine neue Schwierigkeit gesellt sich aber noch hinzu. Schneiden wir einen Muskel heraus, so ändert sich seine Länge. Legen wir dann z. B. den Zungenschildmuskel (Hyoglossus) eines Frosches auf den Tisch und messen seine Ausdehnung, um sie der Querschnittsbestimmung zum Grunde zu legen, so haben wir nicht mehr die natürliche Länge, die er bei vollkommener Ruhe in dem lebenden Körper besaß. Die Widerstände der Adhäsion ändern schon diese Größe. Dieser Uebelstand hat eine um so größere Bedeutung, als der Längenwerth eine zweite wichtigere Rolle, wie wir sogleich sehen werden, übernehmen kann.

Arbeitet man am Frosche, so ist man der Kleinheit der Gebilde we- 2671
gen gehindert, den Rauminhalt und die Eigenschwere unmittelbar zu bestimmen. Man muß sich daher dadurch helfen, daß man das Gewicht des Froschmuskels mit der specifischen Schwere der Muskeln größerer Geschöpfe, wie des Menschen, theilt. Dieses Verfahren schließt natürlich eine gewisse Unrichtigkeit ein. Es läßt sich aber mit Recht annehmen, daß der hieraus hervorgehende Fehler in Verhältniß zu den übrigen Irrungen, denen die Ermittelung des Querschnittes unterliegt, vernachlässigt zu werden vermag.

Die Kraftbestimmung muß natürlich den Werth der Verkürzungsgröße 2672
ausschließen. Weber[1]) suchte dieses Ziel auf eine scharfsinnige Weise zu erreichen. Denken wir uns, wir befestigen einen 20 Millimeter langen Muskel an seinem oberen Ende und beschweren ihn an dem unteren mit 30 Grm., so wird ihn diese Last um eine gewisse Größe ausdehnen. Nehmen wir nun an, seine Länge messe dann 30 Millimeter und er ziehe sich unter dem Einflusse des Rotationsapparates um 10 Millimeter zusammen, so muß er seine ursprüngliche Länge in dem verkürzten Zustande wiedergewinnen. Seine Kraft wird gerade die Ausdehnung, welche die 30 Grm. in der Ruhe herbeiführen, aufheben oder Kraft und Last wer-

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 87.

den sich das Gleichgewicht halten. Wir wollen daher den auf diese Weise gefundenen Werth mit dem Namen der Gleichgewichtskraft bezeichnen.

2673 Man hat es nie in seiner Gewalt, gerade dasjenige Gewicht, dessen Dehnungsgröße an dem ruhenden Muskel mit dem Kraftwerthe des verkürzten zusammenfiele, auszuwählen. Ich habe ungefähr mehr als 30 Muskeln auf die verschiedenste Weise geprüft, ohne daß es mir öfter, als ein Mal gelungen wäre, jene bis auf Bruchtheile eines Millimeters gehende Uebereinstimmung in irgend einem Falle zu treffen. Weber begegnete offenbar derselben Klippe. Denn er leitet die von ihm gelieferte, auf einen Quadratcentimeter zurückgeführte Kraftbestimmung der Froschmuskeln nicht aus einer einfachen Beobachtung, sondern aus der gegenseitigen, später zu besprechenden Vergleichung zweier Grenzwerthe her [1]). Die sichere praktische Ausführung hängt daher von einem Zufalle, den kein Mensch berechnen kann und der sogar nur äußerst selten zu gelingen pflegt, ab.

2674 Nehmen wir aber auch an, eine solche Beobachtung sei vollkommen befriedigend ausgefallen, so kann der erhaltene Werth, gleich allen hier zu erreichenden Zahlen, keine physikalische Sicherheit und Beständigkeit darbieten. Die Wirkung eines jeden Muskels schwankt von Zeit zu Zeit. Sie sinkt und erholt sich von Neuem. Mögen wir nun den Versuch unmittelbar nach dem Tode oder einige Zeit später angestellt haben, so wissen wir immer nicht, ob wir gerade die stärksten Thiere ausgewählt und den günstigsten Augenblick, in dem die Kraftentwickelung und die Elasticitätsverhältnisse die höchsten Werthe herbeiführen, getroffen haben. Es versteht sich aber von selbst, daß nur Zahlen, die dieses verbürgen, den Foderungen genügen könnten.

2675 Man muß sich übrigens bei dieser Art von Kraftbestimmungen vor Mißverständnissen in Acht nehmen. Der ruhende unbelastete oder nur seinen natürlichen Verhältnissen gemäß ausgespannte Muskel hat zwar denselben Querschnitt, wie der künstlich beschwerte in dem Augenblicke der Verkürzung. Er würde aber unter dem Einflusse seiner natürlichen Anheftungen andere Kräfte ausüben, weil er dann andere Spannungsbedingungen besitzt. Der Unterschied der absoluten und der natürlichen Wirkungen der Verkürzungsgebilde, auf den wir später zurückkommen, wird uns dieses klarer machen.

2676 Will man den Foderungen der Theorie genügen und die Muskelkraft auf Querschnittbestimmungen zurückführen, so kann man auch noch von einer zweiten Grundlage ausgehen. Hängen wir ein immer größeres Gewicht an das untere Ende eines ausgeschnittenen und oben befestigten Muskels, so nimmt seine Länge zu und sein Querschnitt ab. Er hebt die Last um so weniger, je schwerer sie ist, bis endlich seine Zusammenziehung das Gewicht nicht mehr emporzieht und er sich sogar in geringem Maaße, wie wir später sehen werden, verlängert. Wählen wir nun den Augenblick, in dem die Länge des Muskels um einen sehr kleinen Werth,

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 87.

z. B. $^1/_{10}$ Millimeter oder noch weniger vermöge seiner Zusammenziehung abnimmt, und vernachlässigen wir diese Minimalgröße, so erhalten wir ein Maximalgewicht, das wir auf die unter den gegebenen Bedingungen mögliche absolute Maximalkraft des Muskels beziehen können.

Wir haben §. 2666. bemerkt, daß wir den mittleren Querschnitt der 2677
meisten Muskeln nicht mit der Genauigkeit, welche die Ausgangswerthe sicherer physikalischer Bestimmungen fodern, berechnen können. Dieser Umstand muß den Versuch rechtfertigen, das Kraftmaaß nicht auf die Querschnittsgrößen, sondern auf das Gewicht des Muskels, das nicht so viele Fehlerquellen darbietet, zurückzuführen.

Da ein Quadratcentimeter mittleren Querschnittes des Zungenschild- 2678
knorpelmuskels eine andere Menge von Muskelfäden enthält und daher auch eine andere Kraft unter sonst gleichen Bedingungen, als ein Quadratcentimeter der Wadenmuskeln entwickeln wird, so ergiebt sich von selbst, daß jeder Werth, den man hier zu erhalten vermag, bloß für einen bestimmten Muskel, ja streng genommen nur für das dem Versuche unterworfene Thier gelten kann. Es läßt sich aber mit Recht voraussetzen, daß der einzelne Muskel im Durchschnitt eine gewisse gegebene Länge für sein Volumen und sein Gewicht besitzt, und daß das gegenseitige Verhältniß so ziemlich in den verschiedenen völlig ausgebildeten gleich kräftigen Geschöpfen wiederkehren wird. Gehen wir von diesem Grundsatze aus, so können wir das Gewicht als Kraftmaaß betrachten. Wir sagen dann mit Recht, daß ein Gramm Wadenmuskel eines ausgewachsenen Frosches und wahrscheinlich ungefähr aller gleich entwickelten und gleich kräftigen Frösche eine gewisse Menge von Grammen Last zieht. Denn der Bau des Ganzen fodert es, daß eine beständige und keine willkührliche Länge einer bestimmten Gewichtseinheit jedes einzelnen Muskels entspricht. Es wäre aber derselbe Irrthum, wenn wir annehmen wollten, daß ein Grm. Froschmuskel überhaupt jenes Beschwerungsgewicht trägt, als wenn wir sagten, daß ein Quadratcentimeter Querschnitt aller Froschmuskeln dieselbe Last, die wir an einem gefunden haben, emporzuheben im Stande wäre.

Die Gebrüder Weber [1]), welche die letztere Ansicht theilen, warfen meinen früheren Bestimmungen vor, daß ich Kraft und Nutzwirkung verwechselt habe. Der Grund dieser unverdienten Deutung liegt aber nur darin, daß jene Forscher nicht berücksichtigten, daß ich nie von 1 Grm. Muskelsubstanz überhaupt, sondern nur von 1 Grm. dieses oder jenes bestimmten Muskels und Thieres gesprochen habe. Vgl. hierüber Canstatt-Eisenmann's Jahresbericht für 1846. Bd. I. Erlangen, 1847. 4. S. 175—177.

Man muß sich übrigens hier noch vor einem anderen Mißverständnisse hüten. Vergleichen wir nämlich die Längen und die Gewichte der Wadenmuskeln eines kleinen und schwachen und eines großen und sehr kräftigen Frosches, so finden wir, daß die Längen verhältnißmäßig weniger, als die Gewichte zunehmen. Es ergiebt sich hieraus, daß ein sehr starker Muskel mehr Querschnitt oder mehr wirksame Fäden, als ein schwacher enthalten wird — ein Satz, zu dem wir auch schon auf anderem Wege gelangt sind (Bd. I. §. 1701.). Die Verkürzungsgröße gewinnt mithin weniger, als die Kraft. Es erklärt sich auf diese Weise, wie ein Mensch sehr lang und schwach und ein anderer klein,

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 85. 86. E. H. Weber, a. a. O. S. 513.

gedrungen und stark sein kann. Wir dürfen diesen Umstand nie aus den Augen lassen, wenn wir die Thätigkeiten gleichartiger Muskeln verschiedener Geschöpfe zusammenstellen.

2679 Die Berechnung der Nutzwirkung stößt nicht auf so viele Schwierigkeiten, als die Feststellung der Kraftwerthe. Sie setzt voraus, daß man das angehängte Gewicht mit der Hubhöhe oder mit der unmittelbar beobachteten Verkürzungsgröße der Muskeln vervielfältigt. Da aber die sichtbare Längenabnahme der ganzen Muskeln in Gebilden, die schiefe Fasern besitzen, kleiner, als die wirkliche Verkürzung der einzelnen Muskelfasern ausfällt (§. 2667.), so ergiebt sich von selbst, daß z. B. die durch den Versuch zu ermittelnden Größen der Nutzwirkung der Wadenmuskeln hinter der Wahrheit zurückbleiben müssen. Wir können deshalb nicht die dynamische Einheit dieser Muskelgebilde mit der geradfaseriger Muskeln, wie des Zungen-Schildknorpelmuskels vergleichen.

2680 Da diese dynamischen Größen die Einflüsse der Länge und des Querschnittes der Muskelmasse zugleich einschließen, so versteht sich von selbst, daß hier das Volumen oder das Gewicht den Vergleichungsmaaßstab geben wird. Nehmen wir an, die Eigenschwere der Muskelmasse gleiche 1,06, so dürfen wir z. B. sagen, daß ein Cubikcentimeter derselben 106 Grm. 1 Centimeter hoch hebe oder das 100fache seines eigenen Gewichtes um diesen Abstand oder richtiger um eine gewisse Zahl von Procenten seiner Dehnungslänge emporziehe.

2681 Die Bestimmungen, die wir auf diesem Felde gewinnen können, schließen jedoch eine fast unvermeidliche Lücke ein. Jedes mechanische Moment bezieht sich auf eine gewisse Zeiteinheit. Wenn ich z. B. sage, daß ein Mensch, der unbelastet einen nicht steilen Weg emporgeht, 280,8 Kilogramm-Kilometer Arbeit liefert (Bd. I. §. 260.), so bezieht sich dieses auf die Leistung eines Tages. Zusammenziehung und Ruhe wechseln zwar hierbei. Die Thätigkeit kann jedoch so lange fortgesetzt werden, daß man ein Gesammtergebniß für einen größeren übersichtlichen Zeitraum erhält. Der noch ausgeschnittene Muskel dagegen behält das Maximum der Verkürzung nur eine Reihe von Secunden im günstigsten Falle bei. Er erschlafft dann nach und nach und erholt sich später nie mehr oder nur in unvollkommener Weise. Wir erhielten daher zu kleine Werthe, wenn wir selbst nur die mittlere dynamische Einheit für eine Minute berechnen wollten. Man berücksichtigt deshalb bloß die Wirkung des ersten Augenblickes, um so die Thätigkeiten desselben Muskels, wie sie zu verschiedenen Zeiten zu Stande kommen, oder die Wirkungen mannigfacher gleichartiger Muskeln unter einzelnen Nebenbedingungen zu vergleichen.

2682 Alle Versuche, die man über die Verkürzungsgröße, die Kraft und die Nutzwirkung der Muskeln anstellt, können nur zum Zwecke haben, die höchsten Werthe, die unter den günstigsten Verhältnissen möglich sind, aufzufinden und den Grad der Wirkungsabnahme, die gewisse Einflüsse herbeiführen, zu ermitteln. Wenn man daher z. B. sagt, daß eine gewisse Thätigkeitsgröße einer bestimmten passenden Einheit des Muskels entspricht, so bezieht sich dieses nur auf das Maximum, das in einer ausgedehnteren oder beschränkteren Versuchsreihe gefunden worden ist. Er-

giebt später eine glücklichere Beobachtung noch höhere Zahlen, so verliert natürlich der zuerst erhaltene Werth die Bedeutung, die er seiner Maximalnatur ausschließlich verdankt. Man muß daher alle Bestimmungen unter dem Vorbehalte, daß noch größere Wirkungen möglich seien, auffassen.

Absolute und natürliche Thätigkeit der Muskeln. — Be- 2683
schweren wir das untere Ende eines ausgeschnittenen und frei aufgehängten Muskels mit Zuggewichten oder spannen wir ihn an dem Kraftmesser an, so dehnt sich seine Masse nach Maaßgabe ihrer Elasticitätsverhältnisse. Sie überschreitet bald die Länge, welche sie bei ihrer natürlichen Anheftung zu erreichen im Stande ist. Der hohe Grad von Dehnung und die ungehindert wirkende Spannung üben einen bedeutenden Einfluß auf die Thätigkeit des Muskels aus. Wir werden sehen, daß ein Theil der Wirksamkeit desselben unter diesen Nebenbedingungen verloren zu gehen pflegt. Gestatten wir den Muskelfasern, sich ungehindert zu dehnen und zu spannen, erforschen wir auf diese Weise ihre absolute Arbeit, so bereiten wir uns selbst ein Hinderniß, das mit der Größe der Zuggewichte zunimmt. Prüfen wir dagegen den Muskel, während er seine natürliche Anheftung bewahrt, so erreicht seine Verlängerung früher oder später eine gewisse von den Skeletttheilen und den Gelenkgebilden bestimmte Grenze. Die Erhöhung der Beschwerung ist oft nicht mehr im Stande, die Dehnung und die Spannung irgend zu vergrößern. Dazu kommt noch, daß die Last den senkrecht aufgehängten Muskel bei freier Dehnung unter dem günstigsten Winkel angreift. Werden dagegen noch die natürlichen Hebel vollständig erhalten, so richtet sich der Angriffswinkel nach der Lage der Theile. Wir müssen daher die absolute und die natürliche Thätigkeit der Muskeln genau unterscheiden. Es ist sogar in den meisten Fällen nicht möglich, diese beiden Arten von Leistungen unmittelbar zu vergleichen, weil wir meist nicht die Einflüsse der Spannungsgrade und der Angriffswinkel auf sichere Zahlen zurückführen können.

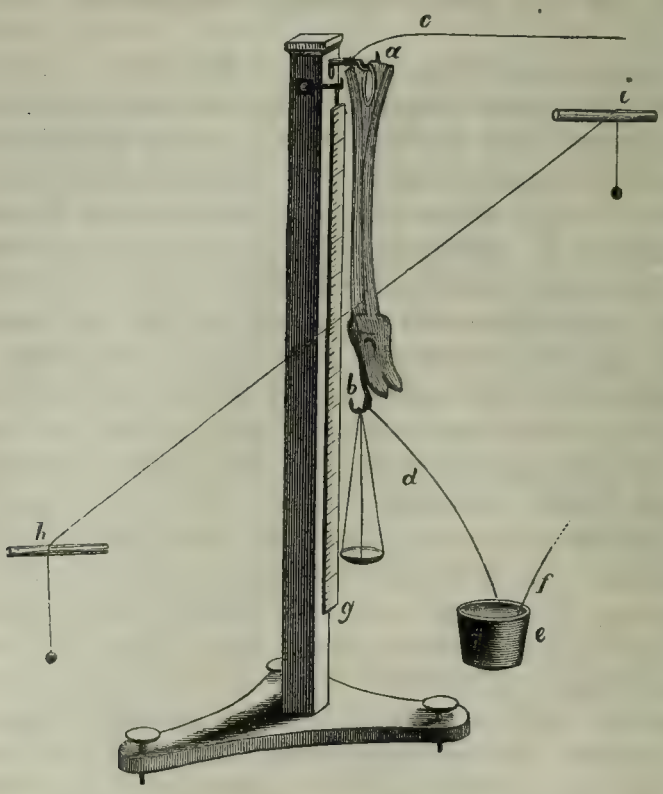
Das einfachste Verfahren, die Arbeit eines ausgeschnittenen Muskels zu untersuchen, besteht darin, daß man ihn an einem Ende aufhängt, mit einem bestimmten Gewichte beschwert, ihn dann galvanisch reizt und nun zu beobachten sucht, um wie viel er sich verkürzt oder bis zu welcher Höhe er eine gegebene Last emporhebt. Ed. Weber bediente sich in dieser Hinsicht einer zweckmäßigen Vorrichtung, die ich auch für viele der später anzuführenden Bestimmungen gebrauchte.

Ein Brett, das mittelst drei oder vier Schrauben wagerecht gestellt werden kann, trägt einen Pfeiler, an dem ein Haken *a* und eine in Millimeter getheilte Skale befestigt ist (s. S. 216. Fig. 119.). Der Muskel wird an dem Haken *a* aufgehängt. Er erhält unten einen zweiten Haken *b*, der die Wagschaale aufnimmt. Man führt einen Coconfaden *hi* durch den unteren Theil desselben hindurch, leitet ihn über zwei in größerer Entfernung befindliche Stäbe und beschwert ihre Enden mit Nadeln. Der eine Poldrath *c* des elektrischen Apparates ist um den oberen Haken *a* gewunden. Der untere *b* trägt einen feinen Kupferdrath *d*, der in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß *e* taucht. Senkt man nun die zweite Elektrode *f* in dieses ein, so wird der Muskel von dem Strome durchsetzt.

Der Coconfaden dient als Zeiger. Weiß man, welchem Punkte der Skale der obere Aufhängepunkt des Muskels entspricht, so braucht man nur die Stellung des Coconfadens vor und während der Zusammenziehung mit einem Fernrohre abzulesen, um die

Dehnungslänge und die Verkürzungsgröße eines und desselben Stückes des Muskels zu erhalten. Der Gebrauch des Fernrohrs gewährt nicht sowohl den Vortheil, $^1/_{10}$ eines Millimeters abzuschätzen — denn dieses läßt sich noch bei einiger Uebung mit freiem Auge vollführen — als die Fehler der Parallaxe zu vermindern. Es versteht sich von selbst, daß der Muskel etwas seitlich von der Skale angebracht sein muß, damit er nicht die Aussicht auf die Gradeintheilung störe.

Fig. 119.



Kam es darauf an, kleine Bruchtheile eines Millimeters mit Sicherheit zu bestimmen, so wählte ich ein lang ausziehbares Fernrohr, das die einzelnen Millimetergrade in einem Abstande von ungefähr 2 bis 3 Meter um das Drei- bis Vierfache vergrößerte. Der Coconfaden muß aber dann der Skale ziemlich nahe bleiben, damit er gleichzeitig scharf und nicht schattig gesehen werde.

Verkürzt sich der Muskel, so hebt sich der bei *h* und *i* aufgelegte Coconfaden. Er bildet mithin einen Winkel mit seiner früheren Lage. Dieser Fehler wird sich jedoch mit der Länge des Fadens verkleinern. *h* und *i* standen in meinen Versuchen 3 Meter weit auf jeder Seite von dem Muskel ab. Die Verkürzung überschritt in keinem Falle 4 Centimeter. Der Winkel erreichte daher nie 46 Minuten.

Ist der Coconfaden sehr fein, so erleichtert man sich die Ablesung, wenn man ihn vorher geschwärzt hat. Will man ihn nicht mit Dinte anstreichen und hierdurch ungleich und körnig machen, so legt man ihn einige Zeit in destillirtes Wasser, das einen Tropfen Salzsäure, und später in Wasser, das sehr wenig salpetersaueres Silberoxyd enthält und läßt ihn dann am Lichte trockenen. Jene chemischen Verbindungen müssen aber sehr verdünnt sein, weil sonst der Faden zu brüchig und unbrauchbar wird.

Der Zungenschildknorpelmuskel (Hyoglossus) des Frosches, den Weber ausschließlich benutzte, kann leicht unmittelbar an den Apparat gebracht werden. Man hakt *a* in die Stimmritze, wie es Fig. 119. andeutet, und *b* in die Zunge, von der man das Ueberflüssige entfernt. Dieses Verfahren kann jedoch oft irre führen. Beschwert man nämlich die Wagschaale mit großen Lasten, so dehnen sich nicht bloß die Muskelfasern, sondern auch die Umgebung der Stimmritze aus. Man erhält auf diese Weise eine Verlängerung, die dem Muskel nicht ausschließlich angehört.

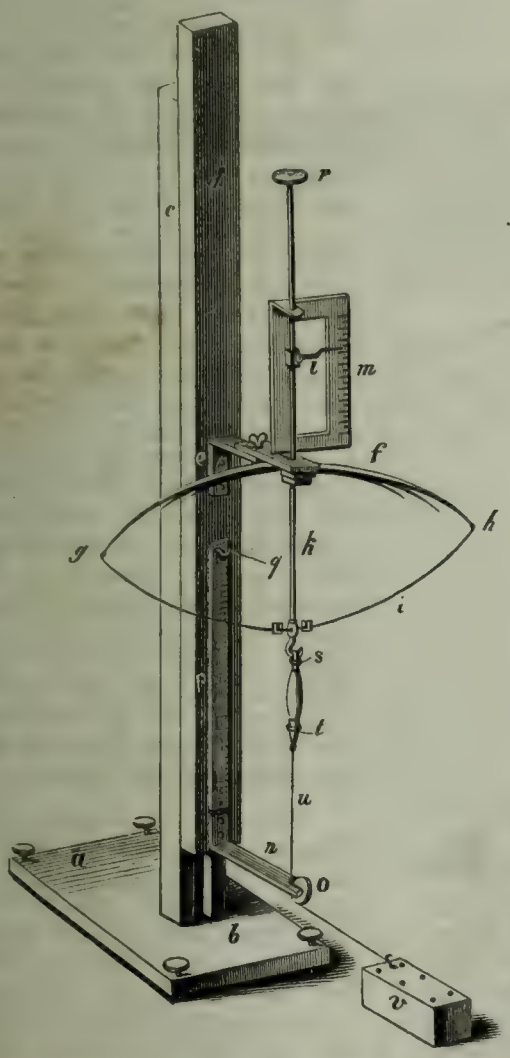
Will man nur kleinere Zuggewichte gebrauchen, so setzt man oben und unten Häkchen ein, befestigt das obere an *a* und verbindet das untere mit der Wagschaale. Englische Nähnadeln, die man vorher ausgeglüht hat, lassen sich leicht, wie man es will, biegen. Gebraucht man starke Beschwerungen, so reißen die Haken leicht ein. Man schlingt deshalb lieber zwei feine Seidenfäden um den Muskel, bindet den oberen an *a* Fig. 119. und den unteren an den Haken der Wagschaale. Ich bediente mich auch bisweilen kleiner, mittelst eines Ringes verschließbarer breiter und an ihren Endflächen abgestumpfter

Messingpincetten, in die der Muskel oder dessen Sehne, wie es Fig. 120. *s* und *t* zeigt, eingeklemmt wird. Man muß sich jedoch hüten, daß sie nicht durchschneiden.

Handelt es sich nur, zu wissen, wie hoch ein Muskel eine bestimmte Last hebt, so genügt die Fig. 119. abgebildete Vorrichtung vollkommen. Will man dagegen das Maximum der Last, das in einem gegebenen Augenblicke möglich ist, ermitteln, so kann dieser Zweck mit jenem Apparate nicht vollkommen erreicht werden, weil die Größe des Zuggewichtes von der Willkühr des Beobachters abhängt. Man muß daher eine Vorrichtung, in der sich der Muskel selbst die stärkste ihm entsprechende Last herbeizuschaffen sucht, ersinnen. Dieses war der Grund, weshalb ich schon den Fig. 120. abgebildeten Kraftmesser für meine früheren Beobachtungen anfertigen ließ.

Ein mit vier Stellschrauben versehenes und daher mittelst der Libelle wagerecht zu erhaltendes Brett *a b* trägt einen senkrechten Pfeiler *c*. Der hintere etwas längere freie Theil *a* kann nöthiger Weise mit Gewichten beschwert werden, damit jede Verrückung bei noch so starkem Anziehen unmöglich sei. Der Pfeiler *c* enthält einen Schlitten, so daß das Tragbrett *d* beliebig auf- und abgeschoben und dann mittelst einer hinten angebrachten Schraube festgestellt zu werden vermag. Ein eisernes Kniestück *a* führt den Krafmesser an seinem wagerechten Arme.

Fig. 120.



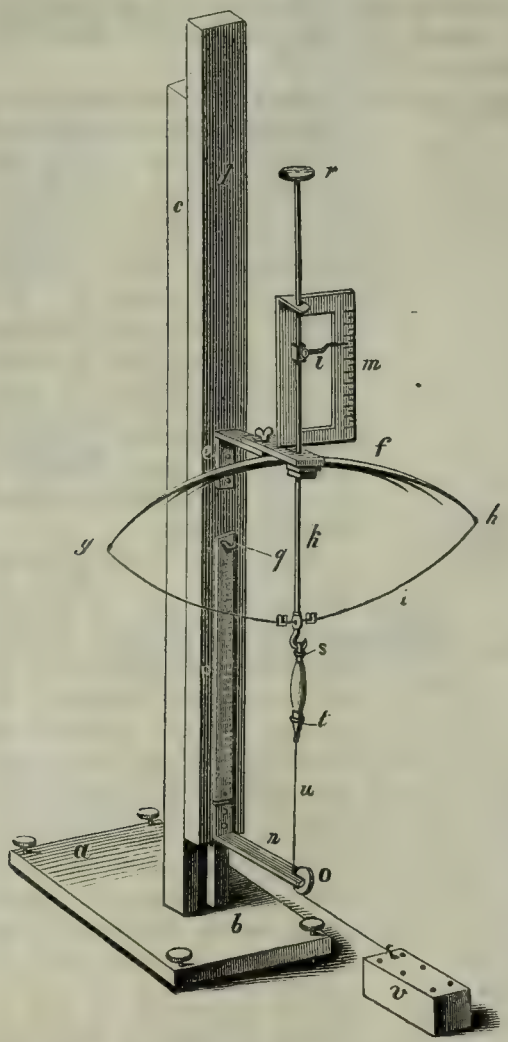
Eine 26 Centimeter lange Feder *f*, die in ihrer Mitte am Breitesten ist, hier 1,8 Centimeter mißt und sich dann nach beiden Seiten hin gleichförmig bis auf einen halben Centimeter allmählig verjüngt, verbindet sich durch Charniere *g* und *h* mit einer zweiten eben so langen, aber nur ¼ bis ⅓ Centimeter breiten Feder *i*. Ein Stahlstab *k*, der einen verschiebbaren und durch eine Schraube festzustellenden Zeiger *l* trägt, ist an der unteren Feder befestigt. Er geht durch die Mitte der oberen *f* hindurch, dringt dann durch ein Loch des oberen wagerechten Nebenarmes des Zeigerbrettes *m* und ragt noch eine Strecke weit frei hervor. Das Skalenbrett *m*, an dem der Zeiger spielen soll, ist zum Theil, wie es die Abbildung versinnlicht, ausgeschnitten. Es hat eine Länge von 13 Centimeter und trägt eine Millimeterskale oder eine andere willkührliche Eintheilung, die sich von oben nach unten erstreckt. Sie umfaßt 120 Gradstriche. Eine Schraube befestigt die ganze Vorrichtung an der Querplatte *e*.

Der Anfangstheil des Stabes *k*, durch dessen untere Oeffnung der Faden *i* hindurchgeht, besitzt eine in der Zeichnung sichtbare Messinggabel. Sie verhütet, daß die untere Feder *i* bei der Thätigkeit des Kraftmessers in unangemessener Weise ausweicht. Sie verlängert sich unten in einen Messinghaken, der den Muskel, die obere Aufhänge-

pincette oder den Haken aufnimmt oder an den der Muskel mit Seidenfäden angebunden wird.

Das untere Ende des Tragbrettes *e* führt ein messingenes Kniestück *n*, dessen vorderstes Ende ein gefurchtes Rad *o* enthält. Dieses muß sich mit möglichst geringer Reibung drehen können. Die wagerechte Platte *n* ist gerade so lang, daß ein von dem Haken des Stabes *k* senkrecht herabgeführter Zugfaden *u* den hinteren Theil der Furche des Rades *o* trifft. Eine in Millimeter getheilte Skale *p*, die 40 Centimeter umfaßt, ist an dem Tragbrette *d* angeschraubt. Sie befindet sich zwischen dem unteren Ende des Kraftmessers und der wagerechten Messingplatte *n*, mithin dem Muskel *st* gerade gegenüber und hat oben einen Messinghaken *q*.

Fig. 121.



Es versteht sich von selbst, daß jeder Zug, der an dem Haken des Stabes *k* in senkrechter nach abwärts gehender Richtung wirkt, die Federn *gfh* und *gih* aus einander zieht und den Zeiger *l* an der Skale *m* herabführt. Bleiben sich alle Nebenverhältnisse gleich, so wird die Größe, um die sich der Zeiger verrückt, einem gewissen Zuggewichte entsprechen. Wir können dieses unmittelbar bestimmen, wenn wir den Haken mit einer Schaale und mit Gewichten so lange beschweren, bis der Zeiger denselben Punkt der Skale erreicht hat. Da es aber oft in den Versuchen, die man mit dem Kraftmesser anstellt, zweckmäßig ist, das Präparat für spätere Beobachtungen an dem Haken hängen zu lassen, so kann man für diese Fälle einen dem Gewichte nach bekannten Teller *r* an das Ende des Stabes aufschrauben und mit den nöthigen Lasten belegen.

Man ist im Stande, den Muskel, dessen man sich bedient, an zwei Stellen, so wie es uns Figur 121. oder wie es Figur 122. andeutet, anzubringen. Bedient man sich der Fig. 121. abgebildeten Anordnung, so klemmt man das Muskelstück an seinen beiden Enden in die früher erwähnten quer abgeschnittenen Pincetten *s* und *t* ein, hängt *s* an den Haken von *k* und einen Seidenfaden *u* an *t*. Jener Faden wird dann durch die Rinne des Rades *o* geleitet und an einem Klotze *v*, der an einzelnen Stellen mit Blei ausgegossen ist, befestigt. Zieht man *v* zurück, so wird der Muskel ausgedehnt. Es geht zugleich der Zeiger *l* um eine bestimmte Größe an der Skale herunter.

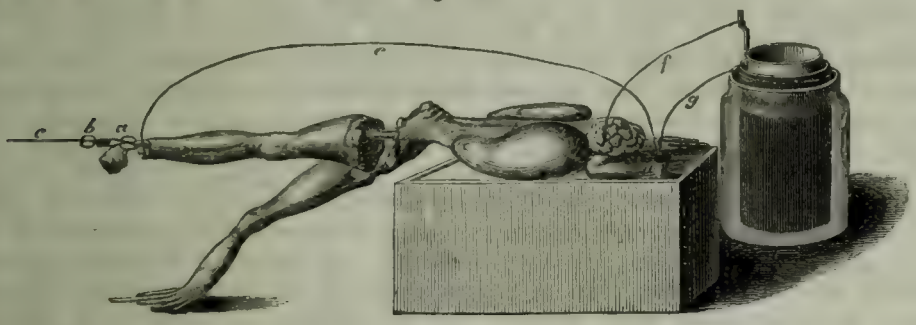
Man kann die Verbindung mit dem galvanischen Apparate in ähnlicher Weise, wie bei Fig. 119. einleiten. Ein sehr feiner und langer Kupferdrath, der mit der einen Elektrode des Magnetelektromotors in Verbindung steht, wird um den Haken des Stabes *k* oder um die Pincette *s* gewickelt. Ein zweiter feiner und viel kürzerer Drath kommt um *t* und taucht in ein Quecksilbergefäß, wie es Fig. 119. darstellt und das den zweiten Poldrath der galvanischen Maschine bei dem Schlusse des Ganzen aufnimmt.

Dieser Behälter muß so tief sein, daß der von *t* ausgehende Drath trotz der Verkürzung des Muskels im Quecksilber bleibt.

Man kann die Länge, die das Muskelstück vor der Verkürzung besitzt, oder die Entfernung der geradlinigten Enden von *s* und *t* an der gegenüberstehenden Millimeterskale mit dem Fernrohre ablesen. Der Weg, den der Zeiger *l* bei der Verkürzung durchläuft, giebt die absolute Größe der Längenabnahme und das Gewicht, welches dem von *l* zuletzt erreichten Grade der Skale *m* entspricht, die Last, mit der der Muskel im Maximum beschwert war.

Will man sich der Bequemlichkeit wegen eines anderen Verfahrens, das vorzüglich für die Bestimmung der Thätigkeit der Wadenmuskeln von Nutzen ist, bedienen, so kommt das Präparat zwischen der Rolle *o* und dem mit Blei ausgegossenen Klotze *v* zu liegen. Fig. 122. kann uns diese Vorrichtung versinnlichen. Der Rumpf des ent-

Fig. 122.



haupteten Frosches ruht auf dem Klotze und ist hier an eingeschlagene Eisenstäbe festgebunden. Da der Klotz unmittelbar vor dem Versuche zurückgerückt wird, so sind die Glieder möglichst angespannt. Es kann sich daher kein Irrthum der Verkürzungsgröße wegen der Nachgiebigkeit jener Theile, wie eingewendet worden ist [1]), einschleichen. Man enthäutet den ganzen Schenkel, schneidet die Oberschenkelmuskeln in der Nähe des Kniegelenkes bis auf den Knochen durch, entfernt alle Gebilde des Unterschenkels bis auf die Wadenmuskeln und ein kleines Knochenstück, an das sich die Achillessehne ansetzt. Man bindet dann eine kleine Messingöse *a* Fig. 122. an diese und ein passendes Messinghäkchen *b* an den Seidenfaden *c*, der *u* Fig. 121. entspricht, fest. Der Klotz selbst enthält ein Quecksilbergefäß *d*. Ein von *a* ausgehender feiner Kupferdrath *e* taucht in *d* ein. Die eine Elektrode *f* des Bunsen'schen Apparates oder des Magnetelektromotors wird in die Höhlung der Wirbelsäule eingeführt, der andere *g* behufs des Schlusses des Ganzen in *d* eingetaucht. Man erfährt hier die Verkürzungsgröße des gesammten Muskels und die Kraft auf die gleiche Weise, wie bei dem früheren Verfahren. Will man dagegen die ursprüngliche Länge des Muskels bestimmen, so muß man sie an einem untergelegten Maaßstabe absehen oder noch besser mit einem sehr feinen Haarzirkel abmessen.

Die auf die Gewichte bezogenen Werthe, welche den einzelnen Graden der auf *m* angebrachten Skale zukommen, nehmen von oben nach unten, wie in allen Federwagen, zu. War z. B. der von mir gebrauchte Kraftmesser mit einfachen Federn versehen, so entsprach der Unterschied von 10° und 11° 1,2 und der von 110° bis 111° 32 Grm. Dieser Umstand begründet das Verfahren, mittelst dessen wir den Hauptvortheil des Apparates, nämlich die Bestimmung des größtmöglichen Lastgewichtes erreichen können.

Ziehen wir *v* Fig. 121. in geringem Maaße zurück, so kann es sich ereignen, daß die Verkürzungsgröße, die der Natur der Sache nach beschränkt ist, den Zeiger weniger tief hinabführt, als dem Maximum des Lastgewichtes entspricht. Wir haben dann die gleiche Gefahr, die auch bei der Vorrichtung Fig. 119. drohte. Entfernen wir dagegen *v* in stärkerem Maaße, so giebt es eine Stellung, bei der sich das Lastgewicht mit dem Hinabgehen des Zeigers so sehr vergrößert, daß hierdurch die Längenverkürzung selbst beschränkt wird. Sie sinkt zuletzt auf $^1/_{10}$ Millimeter und noch weniger. Man erhält aber dann das Maximum des Bewältigungsgewichtes für eine bestimmte starke künstliche

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 86.

Spannung. Es versteht sich von selbst, daß der Grad, in dem man den Zeiger herabziehen muß, mit Verschiedenheit der Muskeln wechselt und daß man diese Werthe im Laufe mehrerer Versuchsreihen allmählig kennen lernt.

Wir haben bis jetzt angenommen, daß *gfh* eine einfache Feder sei. Diese Einrichtung genügt für schwächere Muskeln. Will man mit kräftigeren arbeiten, so läßt sich auch der Kraftmesser verstärken. Man entfernt nämlich die unter *gfh* in Fig. 121. angegebene Messingschraube und den Zeiger *l*, zieht den Stab *k* heraus, legt eine Reihe von gleich starken, aber immer kürzer werdenden und entsprechend durchbohrten Federn unter *gfh* und befestigt sie, nachdem man *k* wieder durchgeführt, mit der unter *ghf* gezeichneten Schraube. 115° entsprachen z. B. in meinem Apparate 255 Grm. bei einfachen Federn. Waren dagegen noch andere unter *ghf* angebracht, so glichen 115° der Skale 1125 Grm.

Die Verkürzungsgröße und das Lastgewicht werden auf diese Weise ohne Weiteres angegeben. Die Bestimmung der Nutzwirkung dagegen fodert eine besondere Betrachtung. Wenn ich z. B. sage, daß eine Thätigkeit ein mechanisches Moment von 50 Grammen-Centimeter besitzt, weil 50 Grm. 1 Centimeter hoch gehoben werden, so setzt dieses voraus, daß die 50 Grm. von dem Anfange bis zu dem Ende der Hebungszeit unverändert bleiben. Dieses ist aber in unserem Kraftmesser nicht der Fall. Die Last wächst, so wie der Zeiger herunterrückt. Sie vergrößert sich um so mehr, je länger der Weg des Zeigers oder die Größe der Verkürzung ausfällt, je tiefer er im Anfange gestanden und je kräftiger der Dynamometer von vorn herein eingerichtet worden ist. Vervielfältigen wir daher das zuletzt erhaltene Gewicht mit dem Verkürzungswerthe, so erhalten wir eine größere Zahl für die Nutzwirkung, als wenn die Hubhöhe die gleiche geblieben wäre und sich auch nicht die Lastgröße während des ganzen Versuches geändert hätte. Man darf jedoch nicht vergessen, daß die Erhöhung der Lastgröße die Verkürzung vermindert und daß wir daher auch eine bedeutendere Hubhöhe bei beständigem Gewichte gefunden haben würden. Da die Vergrößerung der Beschwerung und die Längenabnahme in keinem scharfen entgegengesetzten Verhältnisse steht, so wird sich auch das Verhältniß nicht mathematisch genau, sondern nur in einer mehr oder minder annähernden Weise ausgleichen.

Der Apparat besitzt alle Vortheile und Nachtheile der Federwagen. Der vorzüglichste Uebelstand liegt in einer gewissen Ungleichheit der Wirkung, die theils in der elastischen Thätigkeit der Federblätter, theils in Reibungsverhältnissen begründet ist. Man kann diese zweite Gefahr bedeutend vermindern, wenn der Zeiger *l* das Skalenbrett *m* nicht unmittelbar berührt, sondern nur möglichst nahe an ihm vorübergeht und wenn man immer flüssiges Hundefett in die Oeffnung der Mutter der unter *fgh* Fig. 121. sichtbaren Schraube einträufelt. Die Reibung, die das Rad *o* verursacht, muß natürlich ebenfalls bei der Berechnung berücksichtigt werden.

Man kann sich leicht überzeugen, daß diese Gefahren nur für schwache Muskeln, deren Kraftgröße unter 40 bis 50 Grm. liegt, in dem Maaße stören, daß nicht selten das Hauptergebniß die nöthige Zuverlässigkeit verliert. Erhöht sich die Wirkung auf mehrere Hunderte von Grammen, so werden die Fehler verhältnißmäßig so klein, daß sie die Hauptsache nicht wesentlich ändern.

Andere Vorrichtungen, deren sich einzelne Forscher zur Bestimmung der Muskelwirkungen bedienten, finden sich in: E. Engelhardt, de vita musculorum observationes et experimenta. Bonnae, 1842. 8. Tab. I. und Matteucci, in den Philosophical Transactions for the Year. 1846. Part. II. London, 1846. 4. Tab. V. Fig. 1. und Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XIX. Paris, 1847. 8. Pl. I. Fig. 1 — 3.

2684 **Verkürzungsgröße der Muskeln.** — Es kommt krankhafter Weise vor, daß ein Muskel fortwährend verkürzt bleibt und daß daher die entsprechenden Theile eine ungewöhnliche Stellung für immer beibehalten (§. 2640.). Hält dagegen der gesunde Mensch seinen Arm gerade ausgestreckt, so kann der Armheber (Deltoideus) nur eine Zeit lang seinen Zustand unverändert bewahren. Das Glied zittert im Anfange. Die Muskelermüdung läßt es endlich früher oder später hinabsinken.

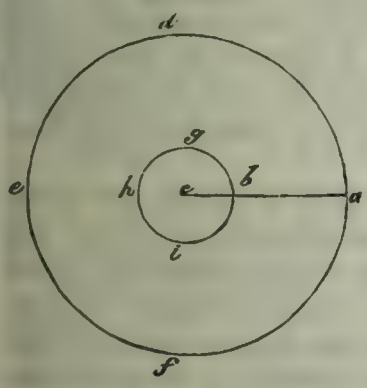
Ausgeschnittene Muskeln geben schon in wenigen Secunden nach.

Haben wir sie an dem Fig. 119. abgebildeten Apparate vor einer Skale aufgehängt und unterwerfen wir sie dann der Wirkung eines Magnetelektromotors, so dauert es nicht lange, daß sie sich nach und nach immer mehr verlängern. Sie kehren endlich zuletzt zu ihrer ursprünglichen Ausdehnung zurück oder überschreiten sie sogar noch, wie wir später bemerken werden. Hat man sie eine Zeit lang in Ruhe gelassen, so können sie sich unter denselben Einflüssen von Neuem verkürzen. Die Länge pflegt sich aber in geringerem Maaße zu verkleinern, weil indessen ein Theil der Reizbarkeit verschwunden ist.

Diese Grunderscheinung wiederholt sich größtentheils, der Muskel mag 2685
mit einem größeren oder einem kleineren Gewichte beschwert sein. Bedeutendere Lasten führen nur von vorn herein zu geringeren Verkürzungswerthen. Es ist nicht bloß die Kraft, sondern auch die Verkürzung selbst, die sich nach wenigen Augenblicken vermindert. Wollen wir daher den Maximalwerth der Längenabnahme, dessen ausgeschnittene Muskeln fähig sind, kennen lernen, so haben wir die ersten Secunden der Zusammenziehung ins Auge zu fassen. Lebendige Muskeln können diese größte Höhe der Thätigkeit für längere Zeit bewahren. Wir müssen uns aber hier an Gebilde, deren Ansatzweise das Maximum der Längenabnahme gestattet, zu wenden suchen.

Eine einfache Betrachtung kann uns schon zu der Ueberzeugung führen, 2686
daß ein Muskel den bei weitem größten Theil seiner ursprünglichen Länge in Folge einer kräftigen Verkürzung zu verlieren im Stande ist. Die rothen Fasern einzelner Schließmuskeln, wie des äußeren Afterschließers (Sphincter ani externus), die des Schlundkopfes und der Speiseröhre, die einfachen des Nahrungscanals, der Harnblase und der größeren Ausführungsgänge ziehen sich häufig in solchem Maaße zusammen, daß die von ihnen eingeschlossene Höhlung, so weit es die Dicke der zwischen den Muskelfasern und dem Hohlraume gelegenen Gebilde erlaubt, verschwindet. Vernachlässigen wir für den Augenblick den spiraligen oder den anderweitigen Verlauf einer solchen Faser und betrachten wir sie der Einfachheit wegen als ein Kreisgebilde, so wird ihre Länge *adef* in dem erschlafften und *bghi* in dem verkürzten Zustande gleichen. Beide Werthe müssen sich daher, wie ihre Halbmesser *ac* und *bc* verhalten.

Fig. 123.



Die Durchmesser eines in lebhafter 2687
Wurmbewegung begriffenen Darmstückes des Kaninchens wechselten zwischen 7,9 und 2,5 Millimeter. Die Länge der Kreisfaser hatte daher schon ungefähr um 5,4 Millimeter oder um 68 bis 69% unter diesen keineswegs außerordentlichen Verhältnissen abgenommen.

Die Dicke der sämmtlichen Wände des Zwölffingerdarmes einer 8 Tage 2688
alten menschlichen Leiche glich 1¼ bis 1½ Millimeter. Wurde er flach aufgelegt, so betrug seine größte Breite oder sein halber Umkreis 75 Mm.

Sein Halbmesser glich daher 23,9 Mm. Ich band hierauf das Darmstück an dem einen Ende zu, befestigte eine 8 Decimeter lange Glasröhre an das andere Ende, füllte das Ganze mit Wasser und ließ es ¾ Stunden lang frei schweben. Der mittlere Durchmesser hatte hierbei bis 28,5, mithin ungefähr ⅕ der ursprünglichen Länge zugenommen.

Wir können mit Recht voraussetzen, daß das Stück des Zwölffingerdarmes, wenn dessen Fasern das Maximum der Erschlaffung erreichten, ungefähr einen Halbmesser von 28,5 Mm. dargeboten haben wird. Da aber die Schleimhaut und andere Zwischengewebe nach innen von der Muskelschicht angebracht sind, so versteht es sich von selbst, daß diese Gebilde einen gewissen Raum selbst bei der stärksten Verkürzung der Muskelfasern einnehmen werden. Setzen wir voraus, die ganze Darmwand habe eine Dicke von einem Millimeter während des größten Erschlaffungszustandes und jene Innengebilde nähmen die Hälfte davon ein, so können wir den Querschnitt als ein Kreisband betrachten, dessen äußerer Halbmesser 28 und dessen innerer 27,5 Millimeter betrug. Denken wir uns, die Fläche, welche diesen Verhältnissen entspricht, verwandelte sich während
Anhang Nr. 104. der größten Verkürzung in einen in der Mitte befindlichen Hohlraum, so würde dessen Halbmesser 5,3 Mm. betragen. Lassen wir das dünne Bauchfell bei Seite und nehmen an, daß der Durchschnitt der Kreisfaser ½ Mm. breit ist und 28,5 Mm. zum äußeren und 28 Mm. zum inneren Halbmesser
Anhang Nr. 104. hat, so ergiebt die Rechnung, daß sich jene um 67,95% ihrer ursprünglichen Länge verkürzen müßte, wenn nur jener Hohlraum von 1,06 Centimeter, den die Innengebilde ausfüllen, übrig bliebe. Wir erhielten daher hier beinahe den gleichen Werth, den die Erfahrung an dem Kaninchendarme geliefert hat (§. 2687.).

Da die Schleimhaut und die anderen Innengebilde die sie durchtränkende und aufschwellende Ernährungsflüssigkeit in die Nachbartheile, die nicht von der Einschnürung getroffen werden, entleeren können, so versteht sich von selbst, daß sich hierdurch der nothwendig übrig bleibende Innenraum zu verkleinern vermag. Wir sind nun zwar nicht im Stande, die Größe dieses Nebenverhältnisses irgendwie zu bestimmen. Ermitteln wir aber, um wie viel der mittlere Durchmesser der Kreisfaser abnehmen müßte, wenn gar keine Schleimhaut vorhanden wäre, so erhalten wir einen Werth, der nie in der Natur vorzukommen vermag, dem sich aber die Wirklichkeit um so mehr nähert, je mehr Hohlraum auf dem eben erwähnten Wege erspart wird.

Stellen wir uns vor, das ½ Millimeter starke Kreisband des Durch-
Anhang Nr. 104. schnittes der Muskelfasern habe 28,5 Mm. zum äußeren und 28 Mm. zum inneren Halbmesser, so mußte seine Länge um 90,6% abnehmen, sobald jeder fremdartige Raum im Innern völlig verschwinden sollte. Es wird mithin die kreisförmig gedachte Muskelfaser des Darmes, wenn sie aus dem Maximum ihrer Erschlaffung in das ihrer Verkürzung übergeht, mehr als ⅔ und weniger als ⁹⁄₁₀ ihrer Länge verlieren.

2689. Es versteht sich von selbst, daß ganz ähnliche Schlüsse nicht bloß für die einfachen Muskelfasern des Dünndarmrohres, sondern auch für die quer-

gestreiften der Speiseröhre und selbst für die des Afterschließers gelten müssen. Wir dürfen daher schon hiernach annehmen, daß jene Muskelfasern, die nicht wesentlich durch ihre Ansätze beschränkt sind, $^7/_{10}$ bis $^8/_{10}$ ihrer Länge und noch etwas mehr in dem Maximum ihrer Verkürzung zu verlieren im Stande sind.

Man kann sich den Fig. 55. S. 84. abgebildeten Magnetelektromotor 2690
so einrichten, daß man die verschiedenen Wirkungen des elektrischen Stromes, je nachdem er die elektromagnetische Spirale durchsetzt oder nicht, vergleichend zu prüfen im Stande ist. Der negative Poldrath, der mit dem Behälter der Kupferlösung verbunden ist, bleibt einfach. Der positive Pol erhält dagegen zwei Dräthe, einen, der unmittelbar an dem Zinkcylinder befestigt ist und einen zweiten, der die elektromagnetische Spirale fortsetzt und den wir mit *h* in Fig. 55. bezeichnet haben. Wir wollen diesen den mittelbaren und jenen den unmittelbaren Poldrath nennen.

Dient der unmittelbare Drath zum Schlusse der Kette, so haben wir eine einfache Bunsensche Säule. Die Wirkung dauert nur den Augenblick, den der Schluß oder die Oeffnung in Anspruch nimmt. Gebraucht man dagegen den mittelbaren Poldrath, so führt das Hammerspiel des Magnetelektromotors zu einer Reihe von Schlägen, die sich mit großer Geschwindigkeit wiederholen. Da aber die Bunsensche Säule zu den sogenannten beständigen Ketten gehört (Bd. I. S. 187.), so bleibt die anregende Elektricitätsquelle in beiden Fällen die gleiche. Ihre Intensität und die Zeit ihrer Wirkung wechseln dagegen.

Denken wir uns, wir hätten einen Muskel, wie den Schneidermuskel 2691
(Sartorius) des Frosches an der Fig. 119. abgebildeten Vorrichtung aufgehängt und wir reizten ihn zuerst mit dem unmittelbaren und nachher mit dem mittelbaren Drathe, so ließe sich erwarten, daß die Verkürzungsgröße in dem zweiten Falle kleiner ausfallen werde, weil der erste Versuch einen gewissen Grad von Ermüdung herbeigeführt hat. Die Erfahrung lehrt das Gegentheil. Die Länge des Muskels nimmt unter dem Einflusse des Magnetelektromotors beträchtlicher ab. Stellt man beide Beobachtungen rasch hinter einander an, so beginnt oft die zweite stärkere Verkürzung des Magnetelektromotors früher, als selbst der Muskel von seiner ersten Zusammenziehung vollkommen erschlafft ist.

Wir müssen hieraus schließen, daß die Zeitdauer, welche der Schluß einer einfachen Bunsenschen Kette fodert, kleiner als die Zeit ist, die der Muskel zu seiner möglichen Längenabnahme nöthig hat. Bleiben sich auch die übrigen Verhältnisse gleich, so wird doch der Magnetelektromotor zu größeren Verkürzungswerthen führen.

Ein an beiden Seiten von seinen Anheftungsstellen losgeschnittener 2692
Muskel verkürzt sich im Maximum um 58%, weil sich seine Fasern zick- Anhang Nr. 97.
zackförmig biegen (§. 2091.). Frühere Beobachtungen, die ich mit einfachen galvanischen Ketten anstellte, ergaben mir, daß die so verkleinerte Länge des Muskels höchstens um $^1/_4$ unter dem Einflusse des galvanischen Stromes von Neuem abnimmt. Man sieht leicht, daß es nicht gerechtfertigt

ist, aus dieser Thatsache zu schließen [1]), daß ich ¼ als größten Verkürzungswerth gefunden habe. Mag man die Zickzackbiegungen unter welchem Gesichtspunkte man wolle betrachten, so muß immer die Längenverminderung, die sie erzeugt hat, in Rechnung gezogen werden. Das Maximum der wahren Verkürzung, die der galvanische Strom herbeiführen kann, glich hiernach $58 + \frac{58}{4}$ oder 72,5 %.

2693 Da der Rotationsapparat oder der Magnetelektromotor eine stärkere Längenabnahme, als die einfache galvanische Kette einzuleiten im Stande ist, so ergiebt sich von selbst, daß wir noch größere Verkürzungszahlen auf diesem Wege erreichen werden. Beschwerte Weber [2]) den Zungenschildknorpelmuskel (Hyoglossus) des Frosches mit 5 bis 10 Grm., so erhielt er 85% als Maximum der Längenabnahme. 12 Thiere, in denen das Lastgewicht siebenmal 5 Grm., viermal 10 Grm. und einmal 15 Grm. betrug, ergaben 65% als Minimum der höchsten Verkürzungsgrößen. Das Mittel glich 72%. Der bedeutendste Werth, den ich unter bald zu erwähnenden Verhältnissen für den Zungenschildknorpelmuskel erhielt, betrug 79,1%. Der Schneidermuskel (Sartorius) ergab 76%.

2694 Wir haben schon früher bemerkt, daß bedeutende Lasten, die den Muskel beträchtlich verlängern, die Verkürzungsgröße verkleinern. Griffe dieses Gesetz allgemein durch, so müßte die größte Längenabnahme mit dem geringsten Spannungsgrade zusammenfallen. Dieses scheint jedoch nicht der Fall zu sein. Verhältnißmäßig geringe Beschwerungen können die Muskelfasern merklich verlängern, während die Verkürzungsgröße in einzelnen Fällen nicht nur nicht ab-, sondern noch zunimmt. Wir wollen uns dieses an einem Versuche, den ich an dem Zungenschildknorpelmuskel des Frosches anstellte, klar machen. Es ergab sich:

Natürliche Länge des Muskels in seiner gewöhnlichen Verbindung in Millimetern.	Zahl des Reizversuches.	Beschwerungsgewicht in Grm.	In Millimetern ausgedrückte Länge des Muskels bei der Beschwerung.		Procente der Verkürzungsgröße.
			unthätig.	verkürzt.	
15,5	1	0,4	16,5	4,4	73,3
	2	3,4	18,4	4,1	77,7
	3	5,4	19,0	11,5	39,5
	4	3,4	18,6	11,8	36,6

Eine kleinere Last beschwerte den Muskel in dem ersten Reizversuche. Der zweite bot ein größeres Zuggewicht und eine bedeutendere Verlängerung dar. Dieser Umstand und die Ermüdung, welche der vorangegangene Reiz veranlaßte, mußte erwarten lassen, daß sich der Muskel weniger verkürzen werde. Hätte er sich aber auch, absolut genommen, um gleich viel zusammengezogen, so hätten die Procentwerthe des zweiten Versuches de

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 82. 83. E. H. Weber, a. a. O. S. 512.
[2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 83.

größeren Länge wegen kleiner ausfallen müssen. Nehmen wir an, die Längenabnahme hätte auch nur 12,1 statt 14,3 Mm. betragen, so war jetzt der Grundwerth, von dem wir ausgehen mußten, 18,4 und nicht 16,5 Mm. Die Procente machten hiernach 65,8 statt 73,3 aus. Wir finden aber gerade das Gegentheil in der Wirklichkeit. Die 3 Gramm gleichende Erhöhung des Belastungsgewichtes vergrößerte die Verlängerung um 1,9 Mm. und erhöhte nichts desto weniger die verhältnißmäßige Verkürzung um 4,4%.

Wir können hieraus folgern, daß die Muskeln das Maximum ihrer Verkürzungsgröße darbieten, wenn sie in geringem Grade gespannt, wenn so alle Bedingungen zur vollen Entwickelung ihrer Längenabnahme gegeben, alle untergeordneten, hindernden Nebenverhältnisse beseitigt sind. Ueberschreitet dagegen das Zuggewicht oder der Spannungswerth diese beschränkte, kleine Größe, so nimmt die Länge der Zusammenziehung in der Wirklichkeit um so mehr ab, je mehr sich jene störenden Bedingungen erhöhen.

Wir haben eben gesehen, daß sich die genannten geradfaserigen Mus- 2695
keln, wenn sie aus ihren natürlichen Verhältnissen herausgerissen sind, um ungefähr $^3/_4$ bis $^{17}/_{20}$ ihrer Länge im günstigsten Falle verkürzen. Es gehört schon zu den Seltenheiten, daß man diese Werthe an jenen zu solchen Forschungen am Besten geeigneten Muskelmassen erreicht. Beeilt man sich auch noch so sehr mit dem ersten Versuche, wählt man noch so kleine Belastungsgewichte, so bringt man es doch in vielen Fällen kaum auf 50 bis 60%. Haben die Frösche eine Zeit lang gehungert, so eignen sie sich weit weniger zu solchen Erfahrungen, als frisch eingefangene Thiere. Bedenken wir überdieß, daß das Herausschneiden der Muskeln eine gewisse Zeit fordert und fast unvermeidlich mit einer stärkeren oder schwächeren Zerrung verbunden ist, so können wir mit Recht schließen, daß das Maximum der absoluten, möglichen Verkürzungsgröße, das wahrhaft einem geradfaserigen Muskel zukommen kann, noch 80 bis 85% überschreiten wird.

Schief- und ungleichfaserige Muskelmassen, wie die Wadenmuskeln, 2696
führen immer zu beträchtlich kleineren Werthen. Man erhält sogar hier in der Regel in dem Frosche Zahlen, die noch nicht einmal 50% erreichten.

Die Verkürzung, die einem Muskel unter seinen natürlichen Anheftungs- 2697
verhältnissen möglich ist, wird in hohem Grade der Nebenumstände wegen wechseln. Betrachten wir zunächst zwei geradfaserige Muskeln des Menschen, denen die Art ihrer Anfügung und die Natur der Zwischengebilde ein ziemlich weites Spiel gestattet.

Bog ein 23jähriger Mann seinen Kopf, so sehr er konnte, nach hinten, 2698
so glich der Abstand des Ansatzes des Brusttheiles des linken Kopfnickers von dem Zitzenfortsatze 17,6 Centimeter. Neigte er dagegen den Kopf so tief als möglich, so sank jene Entfernung auf 12,4 Mm. Der Kopfnicker hatte daher $^3/_{10}$ im Zustande der natürlichen Verkürzung, die ihm seine Ansätze gestatteten. Wendete der Mensch seinen Kopf möglichst stark nach rechts und unten, so betrug die mittlere Ausdehnung des Kopfnickers 19,6 Mm. Das Maximum der seitlichen Beugung nach rechts und

unten ergab 11,4 Mm. Der Muskel hatte daher hier etwas mehr als $^4/_{10}$ im Maximum an Länge abgenommen. Man fühlte überdieß deutlich, daß das Hinderniß, das sich jeder beträchtlicheren Zusammenziehung entgegenstellte, in dem Widerstande der Knochen, der Bänder und der fremdartigen Weichgebilde überhaupt lag.

2699 Bog der Mensch seinen Oberkörper möglichst stark zurück, so daß die Entfernung des Schwerdtfortsatzes von der Symphyse der Schambeine ihren größtmöglichen Werth erreichte, so glich sie 19,5 Cent. Der kleinste gestattete Abstand dieser Punkte betrug 9,75 Cent. Er hatte sich daher gerade um die Hälfte verkleinert.

2700 Diese beiden Beispiele beziehen sich auf Muskeln, deren natürliche Anheftung einen sehr freien Spielraum gewährt. Die Zahlen, die wir erhalten, können nur auf eine annähernde Richtigkeit Anspruch machen, weil die möglichst ausgedehnten Verkürzungsmassen nicht vollkommen eben oder in gleichen Krümmungen dahingehen. Dieser Fehler vermag aber nicht so tief einzugreifen, daß hierdurch die Verkürzung von $^4/_{10}$ oder $^1/_2$ auf $^7/_{10}$ bis $^4/_5$ der ursprünglichen Länge stiege.

2701 Der rechte Schneidermuskel (Sartorius) eines Frosches, dessen Länge 20,8 Mm. betrug, wenn der Oberschenkel und der Unterschenkel eine gerade Linie bildeten, hatte nur 14,8 Mm. in dem ausgeschnittenen Zustande. 1 Grm. Belastung reichte hin, ihm die frühere Länge von 20,8 Mm. wiederzugeben oder die Zickzackbiegungen auszugleichen. Der Einfluß des Magnetelektromotors verkürzte ihn dann auf 5,0 Mm. oder um 76%. Mißt man die Längen, welche dieser Muskel bei möglichster Streckung und Beugung des Unterschenkels giebt, so findet man, daß der Unterschied wenige Millimeter beträgt. Die absolute Verkürzung, welche die Muskelmasse bei ihrer natürlichen Länge und Spannung ergab, übertraf daher die natürliche um mehr, als das Vier- bis Fünffache.

2702 Wir sehen hieraus, daß die Natur eine Masse, deren Länge unter dem Einflusse der Zusammenziehung in hohem Grade abnehmen kann, herstellt. Sie opfert aber häufig einen großen Theil der der Substanz möglichen Verkürzungsgröße den mechanischen Nebenzwecken, welche die Vertheilung der Muskeln und die übrigen Einrichtungen der Bewegungswerkzeuge fordern. Dieser Umstand führt jedoch zu keinem wahren Verluste, weil nicht die Längenabnahme allein, sondern die Nutzwirkung, oder die Art der Ortsveränderung das Hauptziel bildet. Da der höchste Werth des mechanischen Momentes nicht dem Maximum der Verkürzung, sondern einem weit kleineren Werthe der Längenabnahme, wie wir sehen werden, entspricht, so würde die Natur geradezu unzweckmäßig gehandelt haben, wenn sie die Anheftung der Muskelmassen so eingerichtet hätte, daß sie das Maximum der Verkürzung in ihrem natürlichen Zustande erreichen konnten.

2703 Wir haben schon früher (§. 2372.) bemerkt, daß ein Muskel, der sich unter dem Einflusse des Magnetelektromotors zusammenzieht, nicht immer in demselben Augenblicke, in dem der elektrische Strom zu wirken aufhört, zu seiner früheren Ausdehnung zurückkehrt. Bedient man sich der Fig. 119. abgebildeten Vorrichtung und beobachtet man den Coconfaden, der als

Zeiger dient, mit dem Fernrohre (S. 216.), so kann man dieses Gesetz schärfer, als mit dem freien Auge verfolgen.

Nehmen wir an, ein Froschmuskel sei bei 0° der Skale angehakt und 2704
der Coconfaden reiche bis 30°, so gehe dieser z. B. bis 10° unter dem Einflusse des Magnetelektromotors empor. Hört nun die Wirkung des elektrischen Stromes auf, so sinkt bisweilen der Zeiger sehr rasch auf 30° hinab. Kehrt er aber nicht schnell zu dem früheren Orte zurück, so bemerkt man, daß er seine vorgeschriebene Bahnstrecke mit ungleicher Geschwindigkeit durchläuft. Er durchsetzt den Weg von 10° bis 20° bei Weitem rascher, als die Entfernung 20° bis 25° und braucht für 25° bis 30° mehr Zeit, als er für 20° bis 25° nöthig hatte.

Es ereignet sich häufig, daß er auf einem Punkte z. B. 27° stehen zu bleiben scheint. Es dauert nämlich eine oder selbst mehrere Minuten, ehe er bei 30° angelangt ist. Er legt die Wege der letzten Grade so langsam zurück, daß sich nicht mehr selbst seine Längenveränderung mit dem Fernrohre unmittelbar wahrnehmen läßt. Wir müssen sie vielmehr erst aus den Stellungen, die er in verschiedenen größeren Zeitabschnitten einnimmt, erschließen. Wir werden übrigens bei der Betrachtung der Molecularverhältnisse finden, daß er bisweilen 30° gar nicht erreicht, noch häufiger aber den ursprünglichen Stand überschreitet und einige Zeit später bei 31 oder 32° angetroffen wird.

Wie der Muskel eine merkliche Zeit nöthig hat, um den höchsten 2705
Werth seiner Verkürzungsgröße zu erlangen, wie deshalb die rasch wiederholten elektrischen Schläge kräftiger, als eine einmalige Entladung wirken (§. 2691.), so fordert auch oft die Rückkehr zu der früheren Länge eine wahrnehmbare und nicht selten eine beträchtliche Zeitdauer. Diese vergrößert sich im Allgemeinen um so mehr, je mehr sich der Muskel seiner früheren Ausdehnung nähert. Die stärksten Grade einer und derselben Verkürzung verschwinden auch am Schnellsten. Der Muskel erschlafft mit einem Worte mit immer verzögerterer Geschwindigkeit.

Man hat es so ziemlich in seiner Gewalt, den Coconfaden schneller 2706
oder langsamer zu seinem früheren Stande zurückkehren zu lassen. Wirkt nämlich der Magnetelektromotor nur eine oder wenige Secunden, so sinkt auch der Faden rascher hinab. Hat er dagegen länger gearbeitet, so ist auch mehr Zeit nöthig, damit die frühere Ausdehnung gewonnen werde. Die Nachschwingungen der Wirkung hängen mithin von der Dauer des Einflusses des Magnetelektromotors oder von der Zahl der rasch auf einander folgenden Schläge ab.

Die Belastung scheint ein zweites Bedingungsglied zu bilden. Trägt ein Muskel gar kein Gewicht, so kehrt er bisweilen nur sehr spät zu seiner früheren Länge zurück. Muskelfasern dagegen, die mit starken Zuggewichten beschwert worden sind, erreichen in der Regel ihre frühere Länge in verhältnißmäßig kürzeren Zeiträumen wieder. Sieht man nach einer Reihe von Minuten nach, so findet man noch oft jene kürzer, als sie im Anfange waren, während diese sogar ihre ursprüngliche Länge überschritten haben.

Setzt man die Wirkung des Magnetelektromotors, wenn auch die Verkürzungsgröße abnimmt, fort, so bemerkt man, daß sich dann nicht alle Muskeln stetig verlängern. Es kommt sehr häufig vor, daß der eine oder der andere theilweise erschlafft, sich dann wieder stärker verkürzt, von Neuem an Länge zunimmt, sich dann abermals zusammenzieht und dasselbe Spiel selbst noch mehrere Male wiederholt, ehe er seine ursprüngliche Ausdehnung erreicht hat.

2707 **Kraft der Muskeln bei frei gegebener Spannung. — Wir haben früher (§§. 2672. und 2676.) gesehen, daß wir hier zwei Größen, die Gleichgewichtskraft und die Maximalkraft, unterscheiden müssen. Beide sollten der Theorie nach auf Querschnittseinheiten zurückgeführt werden. Da aber die praktische Ausführung dieser Forderung nicht unerhebliche Fehlerquellen einschließt, so kann man auch die Gewichtsverhältnisse unter den §. 2678. erwähnten Bedingungen in Beziehung bringen.**

Young[1]) versuchte es, so viel ich weiß, zuerst, die Muskelkraft für eine gewisse Querschnittseinheit zu berechnen. Er bemerkte hierbei ganz richtig, daß die auf diesem Wege erhaltenen Zahlen keine allgemeine Gültigkeit besitzen, sondern nur für einen und denselben Muskel gebraucht werden können. Seine Bestimmungen fußen auf den Schätzungswerthen von Borelli. Er nahm an, daß ein englischer Quadratzoll menschlicher Oberarm- oder Oberschenkelmuskeln 500 Pfund zu tragen im Stande ist. Setzen wir voraus, daß sich dieses Gewicht auf Avoir-du-Poids-Pfunde bezieht, so erhalten wir 35,154 Kilogr. für 1 Quadr. Cent.

Die Last, die den Muskel um eben so viel dehnt, als ihn seine Verkürzung zusammenzieht, die seinen Querschnitt um dieselbe Größe verkleinert, als ihn seine Thätigkeit vergrößert, entspricht der Gleichgewichtskraft, wie sie zuerst von Ed. Weber aufgefaßt worden ist. Die Zahl, die wir hier erhalten, geht von drei Bedingungsgliedern, der Beschwerung, der Dehnung und Spannung oder der Elasticitätsgröße und der Verkürzung des Muskels aus. Die Dehnung und die Zusammenziehung müssen sich, wie positive und negative Zahlen aufheben, damit das Zuggewicht die Stelle eines Grundwerthes übernehmen könne.

Ed. Weber hat zunächst die Gleichgewichtskraft des Zungenschildknorpelmuskels (Hyoglossus) eines Frosches zu bestimmen gesucht. Er breitete Muskel auf dem Tische aus und fand hierbei, daß die Länge desselben 25 Mm. betrug. Wurde er nur mit 31,2 Grm. belastet, so dehnte er sich bis 47,6 Mm. aus. Die galvanische Reizung verkürzte ihn bis 18 Mm. Trug er dagegen 41,2 Grm., so glich seine ursprüngliche Länge 48,2 Mm. Die Zusammenziehung führte ihn auf 33 Mm. Weber nimmt hierauf das Mittel aus diesen beiden Grunderfahrungen. Man erhält dann 36,2 Grm. Belastung, 47,9 ursprünglicher und 25,5 Mm. späterer Länge. Da nun der auf dem Tische ausgebreitete Muskel 25 Mm. maß, so setzt jener Forscher voraus, daß ihm 36,2 Grm. als Gleichgewichtskraft entsprechen. Das thätige Muskelstück wog 0,265 Grm. Legt man die Eigenschwere der Menschenmuskeln = 1,058 zum Grunde, so hatte die in dem ruhenden Zustande von 36,2 Grm. angespannte Masse 0,05229 Quadr. Cent. Querschnitt bei 4,79 Centimeter Länge. Ein Quadrat-Centimeter Querschnitt gab daher 692,29 Grm.[2]).

Dieses Verfahren gestattet mehrere Einwendungen. Es läßt sich nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß die Länge des auf dem Tische ausgebreiteten Zungenschildknorpelmuskels der wahren natürlichen Länge im ruhenden Zustande entsprach. Er konnte Zickzackbiegungen besitzen, wenn das Gewicht der Zunge und des Kehlkopfes nicht hinreichte, jene Einknickungen auszugleichen. Da sich gerade jener Muskel, wie wir bald sehen werden, unter allen Froschmuskeln am Leichtesten dehnen läßt, so vermochte auch umgekehrt die Länge von 25 Mm. die natürliche Ausdehnung zu übertreffen. Dieser Werth bildet aber die Grundlage des Ganzen. Wir wissen nicht, auf welchen Stützen er und mit ihm das Uebrige ruht. Wir können sogar mit vieler Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß seine Basis den natürlichen Verhältnissen kaum entsprechen dürfte.

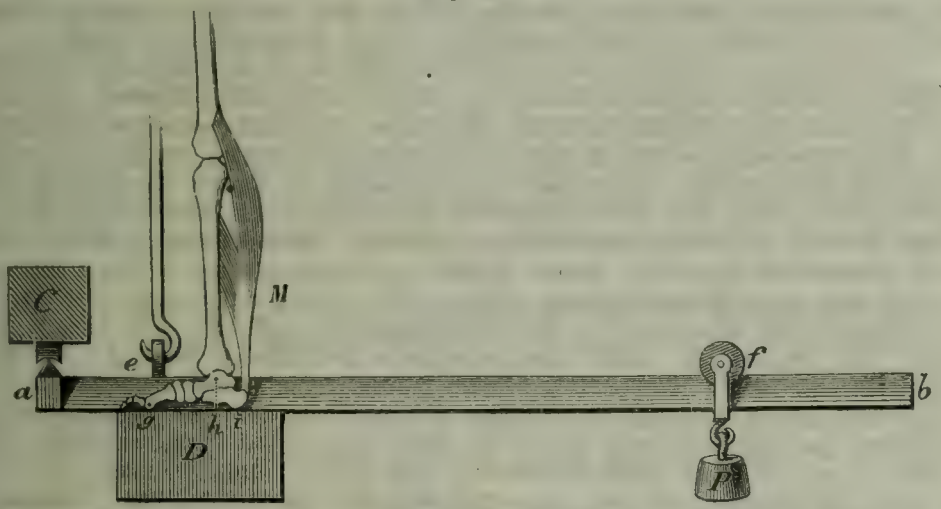
---

[1]) Hutchinson, in den Medico-chirurgical Transactions. Vol. XXIX. p. 204.
[2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 87.

Da es fast nie gelingt, die Lastgrößen, unter denen die Verkürzung die Dehnung völlig aufhebt, genau zu treffen, so wurde hier das Mittel zweier verschiedener Beobachtungen zu den ferneren Berechnungen benutzt. Eine solche Durchschnittsbestimmung wäre nur dann möglich, wenn die Verkürzungsgröße in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Zuggewichte stände, wenn sich ein Muskel, der sich bei 30 Grm. Belastung um 10 Millimeter zusammenzieht, bei 60 Grm. um 5 Mm. verkürzte. Wir werden aber später sehen, daß dieses nicht der Fall ist und daß daher überhaupt keine Mittelwerthe aus zwei verschiedenen Erfahrungen der Art entnommen werden können. Hierzu kommt noch, daß die wiederholte Reizung den Muskel ermüdete. Zwei Erfahrungen, die wir nach einander gewinnen, beziehen sich daher auf verschiedene Zustände der Reizbarkeit und der Elasticitätsgröße. Der Umstand endlich, daß das berechnete Mittel die gefundene ursprüngliche Länge um einen halben Millimeter übertrifft, dürfte von untergeordneter Bedeutung sein, weil der Ausgangswerth selbst größere Schwankungen darbietet und die mittlere Länge des verkürzten Muskels die des ruhigen und nicht gedehnten um einen halben Millimeter übertrifft. Dieses ist auch wahrscheinlich der Grund, weshalb der Endwerth von Weber nicht sehr fern von dem liegt, den ich unmittelbar erhalten habe (§. 2715.).

Weber [1]) hat noch den Versuch gemacht, die Kraftgröße der menschlichen Wadenmuskeln zu ermitteln. Er bediente sich hierzu der Fig. 124. abgebildeten, mit einem

Fig. 124.



Laufgewichte *P* versehenen Waage. Der Balken derselben *ab* hatte seinen Drehpunkt in *a* gegen *C* hin und war vor dem Klotze *D* unterhalb *e* unterstützt. Die Oese *e* enthielt einen Haken, mittelst dessen *ab* von *D* abgehoben werden konnte. Der Mensch trat auf die Unterlage *D*, so daß der Waagebalken *ab* zwischen den beiden parallelen Füßen zu liegen kam. Die Oese *e* fiel gerade zwischen die beiden Beine *g*. Der von *e* ausgehende Haken verband sich mit einem um die Hüften fest angelegten Gurte.

Die Person, die den Versuch anstellte, suchte den Balken *ab* bei völlig gestreckten Knieen und einzig und allein mittelst der Verkürzung der Wadenmuskeln und der durch die bedingte Hebung der Fersen emporzuziehen. Ein Gehilfe verschob das Laufgewicht *P*, bis der Mensch im Stande war, den Balken *ab* von seiner Unterlage *D* zu lösen, jede weitere Verrückung aber des Lastwiderstandes wegen unmöglich blieb. Das Gewicht, das diesen Verhältnissen entsprach, wurde der übrigen Berechnung zum Grunde gelegt.

Das Laufgewicht *P* wog 52,87 Kilogr. Seine Entfernung von dem Drehpunkte *a* glich in einem der Versuche 1929 Millimeter unter den oben erwähnten Bedingungen. Der Kraftarm *ae* betrug 306,5 Mm. Wir erhalten daher $52{,}87 \times \frac{1929}{306{,}5} = 332{,}75$ Kilogr. Das Gewicht des auf den Hebelarm zurückgeführten Waagebalkens *ab* glich

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 89. 90.

35,82 Kilogr. und das des Menschen und der Kleider desselben 63,73 Kilogr. Die Kraft hatte daher im Ganzen 432,30 Kilogr. überwunden.

Betrachten wir nun die Wirkung der Wadenmuskeln, so greifen sie an der Ferse i an und heben den Fuß in dem Drehpunkte der Zehen-Mittelfußgelenke g. Die Last ruht indeß auf dem Sprungbein-Schienbeingelenke h. Die Muskeln besitzen daher den größeren Kraftarm gi und das zu bewältigende Gewicht den kleineren Lastarm gh. Nun war $gh = 129$ und $gi = 172$ Mm. Die Kraftgröße, die den beiden Wadenmuskeln entsprach, glich daher $432{,}30 \times \frac{129}{172} = 324{,}23$ Kilogr. Die Wadenmuskeln einer Seite hatten mithin 162,115 Kilogr.

Aehnliche Untersuchungen, welche die Gebrüder Weber an zwei anderen Männern anstellten, ergaben 110,4 und 107,3 Kilogr. Ein Zwillingsmuskel (Gastrocnemius) und ein Wadenmuskel (Soleus) lieferte daher im Durchschnitt 126,6 Kilogr.

Weber bemühte sich, diese Größe auf Querschnittseinheiten zurückzuführen. Er suchte die mittlere Länge der Wadenmuskeln in zwei kräftigen Selbstmördern zu bestimmen und den Querschnitt aus dem Gewichte der Masse zu berechnen. Die Grundwerthe, zu denen er hierbei gelangte, führen dann zu 153,17 Quadrat-Centimeter mittleren Querschnittes. Ein Quadrat-Centimeter würde daher im Durchschnitt 826,4 Grm. als Kraftgröße geben. Die drei einzelnen Beobachtungen lieferten 1058,5; 720,8 und 700,5 Grm. [1]). Weber glaubt hiernach vermuthen zu können, daß die Kraft, mit der die von dem Willen beherrschten Säugethiermuskeln thätig sind, die der ausgeschnittenen und unter den Einfluß der Rotationsmaschine gestellten Froschmuskeln übertrifft.

Es versteht sich von selbst, daß die Maximalkraft, welche im Leben unter den günstigsten Bedingungen zu Stande kommt, die, welche ausgeschnittene Muskeln des getödteten Thieres geben, überschreiten wird. Setzen wir aber auch eine völlige Gleichheit der Nebenbedingungen voraus, so fragt es sich noch, ob überhaupt der Werth, den der Zungenschildknorpelmuskel geliefert hat, mit den Zahlen der zweiten Versuchsreihe verglichen werden kann. Ein Quadratcentimeter Zungenschildknorpelmuskel des Frosches ist etwas Anderes, als ein Quadratcentimeter menschlicher Wadenmuskeln (§. 2668.). Die erste Versuchsweise lehrt uns, welches Gewicht den Muskel um eben so viel dehnt, als er sich durch seine Zusammenziehung verkürzt. Er arbeitet mithin unter dem Grade von Dehnung und Spannung, der dem vollen Zuggewichte entspricht. Wir werden aber später sehen, daß er eine kleinere Last unter diesen Verhältnissen bewältigt. Die Wadenmuskeln der zweiten Versuchsreihe dagegen werden erst in demselben Augenblicke, in dem sie sich zu verkürzen beginnen, belastet. Es geht keine künstliche Dehnung voran; sie kommt gar nicht zu Stande, weil sie die Verkürzung auf der Stelle ausgleicht. Die Zahl, die wir erhalten, bezieht sich auf das Maximum der Last, die unter diesen veränderten Verhältnissen eine kleine, zu vernachlässigende Höhe gehoben wird. Wir werden übrigens sogleich kennen lernen, daß selbst die Zusammenstellung der Gleichgewichtskräfte des Zungenschildknorpelmuskels und der Wadenmuskeln eines und desselben Frosches der verschiedenen Dehnungsverhältnisse wegen scheitern muß.

Erwägen wir überdieß, daß es in dem zweiten Versuchsverfahren beinahe unmöglich ist, kleine Verrückungen des Gürtels zu vermeiden und unwillkührliche Wirkungen fremdartiger Muskeln völlig auszuschließen, daß man ferner den Querschnitt der Wadenmuskeln in keiner irgend sicheren Weise bestimmen kann und den Werth, den man annimmt, von Selbstmördern auf lebende Menschen übertragen muß, so wird man zugeben, daß das Endergebniß auf schwankenden Grundlagen fußt. Man kann nur mit Sicherheit annehmen, daß ein Gelehrter, der 63,73 Kilogr. mit seinen Kleidern wog, 324,23 Kilogr. oder ungefähr das Fünffache jener Last auf eine Minimalhöhe unter den gegebenen Bedingungen heben konnte.

2708 **Die Bestimmung der Gleichgewichtskraft stößt auf eine Schwierigkeit, welche wahrscheinlich die Nebengewebe des Muskels vor Allem herbeifüh-**

[1]) Ich habe mir erlaubt, diese Berechnung nach den Grundwerthen zu geben. Man wird finden, daß sich manche kleine Unrichtigkeiten in die Originalabhandlung eingeschlichen haben.

ren. Die Dehnung und die Verkürzung bilden zwei sich ausgleichende Glieder. Da aber die Verkürzung einzig und allein von den Muskelfasern ausgeht, so kann auch nur die Dehnung, die von ihnen bestimmt wird, in Betracht kommen.

Vergleichen wir die verschiedenen geradfaserigen Muskeln eines und 2709
desselben Frosches, so fällt es sogleich auf, daß sich der eine weit mehr als der andere dehnen läßt. Der Zungenschildknorpelmuskel übertrifft z. B. in dieser Hinsicht den Schneidermuskel in auffallendem Grade. Die in Nr. 105. des Anhanges unter a. und b. verzeichneten Werthe können uns dieses mit Zahlenbelegen versinnlichen. Anhang Nr. 105. a u. b.

Dehnen sich zwei Muskeln in ungleichem Grade unter denselben Zug- 2710
gewichten, so ändern zwei einander entgegenwirkende Bestimmungsglieder die Größe der Gleichgewichtskraft. Der Muskel, der in höherem Maaße nachgiebt und länger wird, erhält einen kleineren Querschnitt für das gleiche Zuggewicht. Wollen wir dieses auf einen Quadratcentimeter zurückführen, so müssen wir es mit einem höheren Werthe vervielfältigen. Der dehnbarere Muskel wird daher auch in sofern eine größere Gleichgewichtskraft für dieselbe Querschnittseinheit erhalten.

Die Muskelfasern, die sich unter derselben Belastung stärker verlängern, müssen sich auch mehr verkürzen, um die Gleichgewichtsverhältnisse herzustellen. Ein beschwerter Muskel bewältigt aber eine um so größere Last, je weniger er sie in die Höhe hebt. Es wird sich daher die Gleichgewichtskraft des dehnbareren Muskels verkleinern, weil sein Weg länger ausfällt.

Wir werden in der Folge sehen, daß die Gewichte unverhältnißmäßig wachsen, so wie die Verkürzungsgrößen abnehmen. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß der zweite Bestimmungsgrund mehr Einfluß, als der erste ausüben kann. Der dehnbarere Muskel wird daher dann eine kleinere und der minder dehnbare eine größere Gleichgewichtskraft für einen Quadratcentimeter Querschnitt besitzen.

Es wäre möglich, daß die geringere Elasticitätsgröße oder die stär- 2711
kere Dehnung, die der Zungenschildknorpel in Vergleich mit dem Schneidermuskel des Frosches darbietet, von der Natur der Muskelfasern selbst abhinge. Spricht aber schon die Aehnlichkeit des Baues wider diese Vermuthung, so verliert sie noch mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn wir bedenken, daß die Verhältnisse der Nebengewebe den Unterschied zum Theil erklären können.

Der Zungenschildknorpelmuskel entspringt von dem Kehlkopfe mit zwei seitlich symmetrischen Bäuchen. Sie vereinigen sich bald zu einem unpaaren Muskelgebilde, das in die Zunge ausstrahlt. Lockere Zellgewebemassen trennen die einzelnen Bündel. Der Muskel breitet sich sogar von selbst in seinem oberen Theile hautartig aus, so wie man ihn der Quere nach anspannt. Die von dem Zellgewebe eingenommenen Zwischenräume sind so groß, daß sie sogleich dem Blicke auffallen.

Die Fasern des Schneidermuskels liegen inniger an einander. Sie drängen sich nach unten zusammen, damit sie in die schmale Endsehne

übergehen können. Es ist hier nicht möglich, das Ganze in eine dünne muskulöse Haut zu verwandeln. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß ein Quadratcentimeter Schneidermuskel mehr Muskelfasern und weniger Zellgewebe enthalten und sich deshalb in geringerem Maaße dehnen wird, als ein Quadratcentimeter Zungenschildknorpelmuskel. Beide Verhältnisse machen es aber gleichzeitig unmöglich, die Werthe der Gleichgewichtskraft, die man für diese Gebilde gefunden hat, als Zahlen desselben Ranges zusammenzustellen.

Gehen wir zu den Wadenmuskeln über, so finden wir an ihnen eine noch geringere Dehnbarkeit, als in dem Schneidermuskel, weil die Fasern nicht nur eng bei einander liegen, sondern auch in verschiedenen Richtungen verlaufen und die ungleichsten Längen besitzen. Die Gleichgewichtskraft, die wir erfahrungsgemäß ermitteln können, muß daher hier noch größer ausfallen.

2712 Wir sehen hieraus, daß wir, streng genommen, eben so viel Werthe, als es Muskeln giebt, erhalten können. Handelte es sich darum, die Gleichgewichtskraft der Muskelmasse oder der Muskelfasern und nicht die der einzelnen Muskeln zu bestimmen, so könnte man nur zum Ziele gelangen, wenn man seine Versuche mit einer einzelnen Muskelfaser anzustellen vermöchte. Da aber dieses unmöglich ist, so wird derjenige Muskel, dessen Nebengewebe die geringsten Dehnungshindernisse bereiten, die für jenen Zweck richtigsten Kraftwerthe liefern.

Könnten wir die natürliche Länge des Zungenschildknorpelmuskels mit Sicherheit bestimmen, so würde sich dieser Muskel der eben angeführten Gründe wegen am Ehesten eignen, den wahrscheinlichsten Annäherungswerth der Gleichgewichtskraft aufzufinden. Alle Bemühungen scheitern aber in dieser Hinsicht an den unvermeidlichen Nebenverhältnissen. Schneidet man den Muskel mit dem Kehlkopfe und der Zunge heraus und überläßt ihn dann sich selbst, so verliert man jede feste Grundlage. Seine Länge hängt dann davon ab, ob er vorher mehr oder minder gezerrt wurde, welchen Reibungshindernissen er bei dem Auflegen begegnet oder wie stark an ihm der Kehlkopf oder die Zunge, wenn er frei hängt, ziehen. Benutzen wir noch den Theil, der in die Zunge ausstrahlt, so dehnt er sich in der Regel stärker als das Uebrige. Ich versuchte daher das vordere Stück des Muskels, da wo er in die Zungenmasse selbst überzugehen anfängt, in der Nähe des Unterkieferwinkels mit einem feinen Seidenfaden zu umschnüren, die Nadel, die den Coconfaden der Vorrichtung, Fig. 119., trug, über dem Kehlkopfe bei der natürlichen Lage des Ganzen einzustechen, Alles möglichst waagerecht gelagert zu erhalten und den geradlinigten Abstand jener beiden Punkte zu messen. Die natürliche Länge, die man auf diese Weise erhält, ist auch nicht vollkommen sicher, weil es von dem Zufall abhängt, welche Stellung der Kehlkopf und die Zunge einnehmen. Der Seidenfaden der vorderen Umschlingung wird später an dem Aufhängehaken *a*, Fig. 119., befestigt.

Der Schneidermuskel führt eher zum Ziele. Ich enthäute den Oberschenkel, steche dann eine Nadel hinter dem oberen Theile desselben durch und umschnüre sie mit einem dünnen Seidenfaden. Ein feines doppelt gekrümmtes Häkchen kommt in den Anfangstheil der Endsehne. Der Coconfaden wird später durch dieselbe Oeffnung geleitet. Man mißt aber die mittlere natürliche Länge, wenn Ober- und Unterschenkel eine gerade Linie bilden.

Die Wadenmuskeln lassen sich in ähnlicher Weise behandeln. Ich nehme nur noch oft die Knochenstücke, an die sie sich mit ihren Sehnentheilen ansetzen, hinzu, um desto eher gegen das Ausreißen bei großen Belastungen gesichert zu sein. Will man alle genannten Muskeln überhaupt mit starken Zuggewichten beschweren, so ist es immer vortheilhafter, einen Seidenfaden statt des unteren Häkchens zu gebrauchen.

Es ist mir bis jetzt nur ein Mal an dem Schneidermuskel eines Frosches gelungen, das Zuggewicht, bei dem sich die Dehnung und die Verkürzung bis auf weniger als $^1/_{10}$ eines Millimeters ausglichen, genau zu treffen. Ich stieß aber auf mehrere Fälle, in denen der Unterschied nur 0,2 bis 0,3 Mm. betrug. Diese Beobachtungen können immer noch zur Ermittelung von Annäherungsgrößen der Gleichgewichtskraft benutzt werden. 2713

Drei Umstände machen es überhaupt unmöglich, Zahlen, die nicht mit gewissen Fehlerquellen behaftet sind, auf diesem Gebiete zu erhalten. Die Tödtung des Thieres, das Ausschneiden des Muskels und die übrigen Vorbereitungen erniedrigen die Arbeit, deren die Muskelfaser fähig ist. Die mittlere natürliche Länge bildet aber ebenfalls eine schwankende Größe, weil der Abstand der zur Untersuchung gewählten Punkte mit den verschiedenen Stellungen der Hebel, an die sich das Bewegungswerkzeug anfügt, wechselt. Aendern sich endlich nicht die Molecularverhältnisse der Muskelmasse, so bildet die Dehnung eine von dem Spannungsgewichte abhängige, verhältnißmäßig beständige Größe. Die Verkürzung dagegen, die sie aufheben soll, fußt nicht bloß auf den Eigenschaften des Muskels, sondern auch auf denen des elektrischen Stromes. Wirkt dieser zu stark oder zu schwach, so kann er zu geringe Längenabnahmen veranlassen und Täuschungen herbeiführen. Man darf daher selbst dem glücklichsten Ergebnisse bis auf Zehntheile eines Kilogrammes kaum vertrauen. 2714

Wählen wir einige Versuche, aus denen sich die Gleichgewichtskräfte verschiedener Froschmuskeln annähernd berechnen lassen, aus, so erhalten wir z. B. 2715

Muskelstück.		Zahl des Reizversuches.	Belastungsgewicht in Grm.	Natürliche mittlere Länge in Mm.	Dehnungslänge in Mm.	Verkürzungsgröße in Mm.	Unterschied der natürlichen und der Verkürzungslänge.	Gleichgewichtskraft für 1 Quadr.-Cent. Querschnitt.	Procente der Verkürzung, die Dehnungslänge = 100.
Name.	Gewicht in Grm.								
Zungenschildknorpelmuskel [1])	0,13	1	42	16,4	21,8	5,6	+0,2	747 [4])	39
Schneidermuskel [2])	0,14	2	42	28,0	34,3	6,3	0,0	1091	18,4
Wadenmuskel [3])	0,97	6	452,5	33,0	36,5	3,8	−0,3	1805	10,4

Der Schneidermuskel und der Wadenmuskel würden natürlich noch höhere Werthe geliefert haben, wenn ihre Gleichgewichtsverhältnisse nicht

[1]) Anhang Nr. 106. a. Vers. 1.
[2]) Anhang Nr. 106. b. Vers. 2.
[3]) Anhang Nr. 107. a. Vers. 6. Der Wadenmuskel des Frosches kann nur auf eine sehr unsichere Weise auf eine Querschnittseinheit zurückgeführt werden.
[4]) Die Eigenschwere wurde hierbei zu 1,06 angenommen.

in späteren Beobachtungen, sondern in dem ersten Versuche getroffen worden wären. Ihre Werthe sind daher jedenfalls zu klein. Dieses bestättigt um so eher die früher (§. 2711.) erwähnte Annahme, daß die Gleichgewichtskräfte wachsen, so wie sich die Muskeln weniger dehnen.

Der Wadenmuskel des Frosches bildet eine einfache Masse. Die Länge seiner einzelnen Fasern wechselt in geringerem Maaße, als die des Zwillings-, des Waden- und des Fußsohlenmuskels unseres Körpers. Man kann daher hier im Nothfalle eher den Versuch machen, den mittleren Querschnitt zu berechnen. Geht man aber auch hierauf ein, so darf man sich nicht täuschen und etwas mehr, als einen höchst ungefähren Werth, der zum Vergleiche mit dem der Wadenmuskeln anderer Frösche dienen kann, zu besitzen glauben.

2716 Bedenken wir, daß alle Werthe, die wir in solchen Versuchen erhalten, hinter den wahren Größen zurückbleiben, so werden wir eher zu niedrig, als zu hoch schätzen, wenn wir annehmen, daß der Zungenschildknorpelmuskel eines sehr kräftigen Frosches nicht ganz 1 Kilogr., der Schneidermuskel 1 bis 2 Kilogr. und der Wadenmuskel mehr, als 2 Kilogr. als Gleichgewichtskraft für einen Quadratcentimeter Querschnitt besitzen kann.

2717 Die Last, die der Muskel auf eine äußerst kleine Höhe emporzieht, giebt das Maaß seiner Maximalkraft. Sie wächst natürlich um so mehr, je unbedeutender die geringe, zu vernachlässigende Verkürzungsgröße angenommen wird. Dieses geht aber nicht ins Unendliche. Jeder Muskel hat eine Gewichtsmenge, der er im Augenblicke seiner Zusammenziehung nicht mehr gewachsen ist. Wir werden daher die Werthe der Maximalkraft um so richtiger treffen, je mehr wir uns dieser Grenze annähern.

2718 Wird ein Muskel den Schlägen eines Magnetelektromotors längere Zeit hindurch ausgesetzt, so ermüdet er in stets höherem Grade. Er verkürzt sich immer weniger oder hebt das gleiche Zuggewicht auf eine fortwährend abnehmende Höhe. Wir werden später sehen, daß seine Dehnbarkeit zu gleicher Zeit zunimmt. Haben wir ihn mit einer großen Last beschwert und durch wiederholte galvanische Schläge geschwächt, so verkürzt er sich nicht mehr unter dem Einflusse des elektrischen Stromes. Er verlängert sich vielmehr, weil er weicher geworden ist. Setzen wir dieses voraus, so würden wir die Maximalkraft da, wo der Muskel seine frühere Länge trotz der wiederholten galvanischen Schläge beibehält, wo seine Verkürzung die Erweichung und Verlängerung, welche die Ermüdung herbeiführt, ausgleicht, suchen müssen.

Wollte man von dieser Grundlage ausgehen, so könnte man die Gefahr vor Täuschungen kaum vermeiden. Ein Muskel, der seine Reizbarkeit völlig verloren hat, brauchte sich nur nicht rasch genug zu verlängern, er brauchte seine Dehnungslänge die wenigen Augenblicke der Wirkung des galvanischen Stromes scheinbar beizubehalten, damit die größten Irrungen zu Stande kämen. Ich habe es daher vorgezogen, die kleinsten Hubhöhen, die sich noch an den Fig. 119. und 120. abgebildeten Vorrichtungen mit Sicherheit ablesen lassen, nämlich $\frac{1}{10}$ Millimeter als geringsten Verkürzungswerth hier anzunehmen. Die Betrachtung der natürlichen Thätigkeit der Wadenmuskeln wird uns Gelegenheit geben, die

Maximalkräfte dieser Bewegungswerkzeuge für noch unbedeutendere Verkürzungsgrößen kennen zu lernen.

Die Bedeutung, die $^1/_{10}$ Mm. Hubhöhe besitzt, hängt natürlich von der Dehnungslänge ab. Ich habe daher auch jene Längenabnahme in Procenten der Länge des gespannten Muskels in der §. 2719. gegebenen Tabelle ausgedrückt.

Stellen wir einige Beispiele, die verschiedene geradfaserige Frosch- 2719
muskeln geliefert haben, zusammen, so finden wir:

Nr.	Muskelstück. Name.	Muskelstück. Gewicht in Grm.	Zahl des Reizversuches.	Belastungsgewicht in Grm.	Natürliche Länge in Mm.	Dehnungslänge in Mm.	0,1 Mm. Hubhöhe in Procenten der Dehnungslänge.	Maximalkraft in Kilogrammen für 1 Quadr.-Cent. Querschnitt.
1	Zungenschildknorpelmuskel [1])	0,13	10	142	16,4	30,3	0,33	3,508
2	Schneidermuskel [2])	0,13	1	120	—	39,0	0,26	3,816
3	Dsgl.	0,15	3 oder 4	132	28,8	39,5	0,25	3,685
4	Rechter Schneidermuskel	0,16	1	154	—	45,0	0,22	4,591
5	Linker Schneidermuskel desselben Frosches	0,14	1	170	29,5	43,5	0,23	5,599

Wir sehen schon hieraus, daß die Maximalkraft des Schneidermuskels des Frosches, wenn er sich nur um $^1/_4$ % verkürzt, mehr als 5,6 Kilogr. für einen Quadratcentimeter betragen kann. Die später angeführten Untersuchungen werden uns lehren, daß sich dieser Werth unter günstigen Bedingungen noch bedeutend vervielfältigt.

Versuchen wir endlich, die Größen der Maximalkräfte unter den 2720
§. 2678. erwähnten Einschränkungen auf Gewichtseinheiten zurückzuführen, so erhalten wir z. B. für $^1/_{10}$ Mm. Verkürzungsgröße oder $^1/_4$ bis $^1/_3$ % der Längenabnahme:

Muskelstück. Name.	Muskelstück. Gewicht in Grm.	In Grm. ausgedrückt. Maximallast.	In Grm. ausgedrückt. Maximallast für 1 Grm. des Muskels.	Muskelstück. Name.	Muskelstück. Gewicht in Grm.	In Grm. ausgedrückt. Maximallast.	In Grm. ausgedrückt. Maximallast für 1 Grm. des Muskels.
Zungenschildknorpelmuskel	0,13	142	1092	Wadenmuskel	0,18	255,3	1418
				Dsgl.	0 26	635	2442
Schneidermuskel	0,14	170	1214	Dsgl.	0,27	mehr als 750	mehr als 2800
Gerader Bauchmuskel	0,21	234,7	1118				

[1]) Anhang Nr. 106. a. Vers. 10. [2]) Die Beobachtungen Nr. 2. bis 5. sind an der Fig. 120., die Nr. 1. dagegen an der Fig. 119. abgebildeten Vorrichtung gewonnen.

Wir sehen hieraus, daß verhältnißmäßig lange und dünne geradfaserige Muskeln wenigstens ein bis zwei Tausend Mal so viel, als sie selbst wiegen, auf eine kleine Höhe heben können. Die Last gleicht mindestens dem drei Tausendfachen in den dickeren, obgleich schieffaserigen Wadenmuskeln.

2721 Es versteht sich von selbst, daß wir die Werthe, die für die zuletzt genannten Muskeln gelten, mit denen, welche z. B. der Zungenschildknorpelmuskel giebt, nicht vergleichen können. Denn 1 Grm. Muskelmasse hat weder dieselbe Länge, noch die gleichbedeutende Art von Querschnitt. Wir dürfen höchstens die Größen, die wir für die Wadenmuskeln verschiedener Frösche erhalten, gegenseitig zusammenstellen, um die Verhältnisse der absoluten und der natürlichen Dehnung oder die Zustände der Reizbarkeit unter verschiedenen Nebenbedingungen kennen zu lernen.

2722 Es wäre, wie es auf den ersten Blick scheint, möglich, sich eine Uebersicht der Kräfte verschiedener Muskeln zu verschaffen, wenn man alle Verkürzungsgebilde auf die gleiche Länge und dasselbe Gewicht zurückführte und demgemäß die entsprechenden Beschwerungen berechnete. Die schon früher (§. 2668.) erläuterten Verhältnisse der Querschnitte müssen uns überzeugen, daß man sich hierbei nur einer Selbsttäuschung hingeben würde. Ein anderer Nebenumstand bekräftigt noch die gleiche Ansicht.

Beobachtet man die Zusammenziehung eines von einem starken Zuggewichte straff angespannten geradfaserigen Muskels, wie des Zungenschildknorpelmuskels oder des Schneidermuskels, genauer, so bemerkt man nicht selten, daß sich nicht die ganze Länge der Fasern, sondern nur eine gewisse beschränkte Stelle derselben verkürzt. Die noch thätigen Theile liegen weder an dem oberen, noch an dem unteren Ende, sondern in dem übrigen Verlaufe der Masse. Das Gewicht spannt wahrscheinlich die Fasern ungleich an. Eine Abtheilung verliert hierdurch ihre Kraft, während eine andere dem starken schädlichen Zuge mehr oder minder entgehen kann. Diese Erscheinung wechselt natürlich von Muskel zu Muskel, der eine vermag sie mehr, als der andere zu begünstigen. Fehlte sie, so würden dieselben Fasern die gegebene Last höher ziehen und erst ein stärkeres Zuggewicht um jenen kleinen Werth von $^1/_{10}$ Mm. emporheben. Die Kräfte, die wir finden, müssen daher immer beträchtlich geringer, als wenn jenes Hinderniß hinwegfiele, ausfallen. Jeder sichere Vergleich verschiedener Muskeln hebt sich unter diesen Verhältnissen von selbst auf.

2723 *Nutzwirkung der Muskeln bei frei gegebener Spannung.* — Ständen die Zuggewichte und die Verkürzungsgrößen in gegenseitigem umgekehrten Verhältnisse, so müßte der Muskel dieselbe Nutzwirkung bei den verschiedensten Belastungen unter sonst gleichen Nebenbedingungen darbieten. Zöge er sich um 30 Mm. bei 60 Grm. Beschwerung, um 15 bei 120 Grm., um 5 bei 360 und um 1 Mm. bei 1800 Grm. zusammen, so würden alle diese Leistungen 180 Grammen-Centimeter als dynamische Einheit besitzen. Die Beobachtung der thierischen Kräfte hat aber die Mechaniker längst überzeugt, daß dieses nicht der Fall ist. Sie fanden,

Bd. I. Anhang Nr. 33.

daß es eine Maximallast mit einer fast Null gleichen Geschwindigkeit oder Hubhöhe und umgekehrt eine Maximalgeschwindigkeit, für welche der Widerstand ein Kleinstes wird, giebt. Es folgt hieraus von selbst, daß die größte Nutzwirkung auf Lasten und Geschwindigkeiten, die zwischen Null und ihren sich wechselseitig ausschließenden Maximis liegen, oder auf gewisse mittlere Kraft- und Geschwindigkeitswerthe fallen muß.

Die von Weber und mir angestellten Untersuchungen bestättigen das 2724
Gleiche für ausgeschnittene und frei dehnbare Muskelmassen. Ueberschreitet die Belastung eine gewisse Grenze, so nimmt die Verkürzung unverhältnißmäßig ab. Wirkt hingegen eine nur unbedeutende Beschwerung, so kann selbst das Maximum der Längenabnahme den geringen Werth des Zuggewichtes nicht ausgleichen. Beide Fälle geben daher zu niedere Werthe der Nutzwirkung. Es muß ein Theil der möglichen Verkürzungsgröße und eine gewisse Menge der tragbaren Last geopfert werden, damit die passende Ausgleichung die größte mechanische Leistung herbeiführt.

Dieses Gesetz greift so tief durch, daß sogar die Veränderungen, welche mäßige Ermüdungsgrade hervorrufen, seinen Einfluß nicht verwischen. Wählen wir einige Beispiele aus den Nro. 106 bis 108 des Anhanges mitgetheilten Versuchen, so haben wir:

Bezeichnung des Muskelstückes.	Zahl des Reizversuches.	Last in Grammen.	Verkürzungsgröße in Centimetern.	Nutzwirkung in Grammen-Centimetern.
1. Zungenschildknorpelmuskel	5	2	1,05	2,10
	7	102	0,33	33,66
	8	122	0,02	2,44
2. Schneidermuskel	1	2	0,77	1,54
	3	12	0,69	8,28
	6	42	0,02	0,84
3. Wadenmuskel	1	86	0,45	38,7
	6	452,5	0,38	171,95
	9	731	0,075	54,83
4. Wadenmuskel.	1	833	0,48	339,84
	2	736	0,58	426,88

Die unter Nro. 4 verzeichnete Doppelbeobachtung kann uns lehren, daß ein verhältnißmäßig kleineres passenderes Zuggewicht immer noch eine größere Nutzwirkung trotz der beträchtlichen Spannung und Ermüdung, die vorangegangen war, lieferte.

Wechselt man die Belastungen willkührlich, so erhält man bald schwä- 2725
chere, bald stärkere Kraftmomente, je nachdem man sich den günstigsten gegenseitigen Bedingungen der Hubhöhe und des Gewichtes, die der augenblickliche Zustand des Muskels fodert, nähert oder nicht. Wiederholt man dieselbe Beobachtung zwei Mal rasch hinter einander, so daß die Pause der Ruhe möglichst klein wird, so sinkt der Werth der Nutzwirkung, sobald die erste Reizung eine übermäßige Anstrengung erfodert, wenn sie sehr lange anhielt, mit einer bedeutenden Verkürzungsgröße verbunden war oder einem verhältnißmäßig starken Zuggewichte entsprach. Da aber

die Empfänglichkeit der ausgeschnittenen Froschmuskeln nicht immer in stetiger Reihe abnimmt, da sie sich in den kürzeren oder längeren Pausen, die zwischen je zwei Beobachtungen liegen, zu erholen vermag, so kann es sich auch ereignen, daß das ungefähr gleiche Zuggewicht später auf eine größere Höhe gehoben oder eine stärkere Nutzwirkung hervorgebracht wird.

Wollen wir uns wiederum die drei möglichen Fälle versinnlichen, so haben wir z. B. in Anhang Nro. 107:

Bezeichnung des Muskelstückes.	Zahl des Reizversuches.	Last in Grammen.	Verkürzungsgröße in Centimetern.	Nutzwirkung in Grammen-Centimetern.
1. Wadenmuskel	3	850	0,15	127,5
	4	850	0,15	127,5
2. Dsgl.	1	535	0,30	160,5
	2	565	0,10	56,5
3. Dsgl.	2	736	0,15	110,4
	9	760	0,20	152,0

Obgleich die beiden verzeichneten Beobachtungen unmittelbar auf einander folgen, so finden wir doch in Nro. 1 Gleichheit und in Nro. 2 Verminderung der Nutzwirkung. Die Erhöhung, die uns in Nro. 3. begegnet, ist um so belehrender, als das größere mechanische Moment für eine etwas stärkere Belastung nach einer Reihe dazwischen liegender Verkürzungen zu Stande gekommen ist.

2726 Da die Nutzwirkung aus dem Producte des Kraftgewichtes und der Verkürzungsgröße abgeleitet wird, so kann sie den gleichen Werth beibehalten, wenn der Muskel das eine Mal eine kleinere Last auf eine bedeutendere Höhe und in dem zweiten Falle eine größere Beschwerung eine kürzere Strecke emporzieht. Ein und derselbe Zungenschildknorpelmuskel hob z. B. 2 Grm. 1,23 Centimeter in dem ersten und 22 Grm. 0,11 Cent. in dem fünften Reizversuche. Die Nutzwirkungen gleichen also 2,46 und 2,42 Grammen-Centimeter. Wir würden aber irren, wenn wir diese beiden Verhältnisse ohne Weiteres gleichstellen wollten. Der Muskel war in dem zweiten Falle stärker gespannt und dem Einflusse des Magnetelektromotors länger ausgesetzt gewesen, als in dem ersten. Wäre er sogleich in diesem Versuche mit 22 Grm. oder in dem fünften mit 2 Grm. belastet worden, so hätten sich die Hubhöhe und die Nutzwirkung vergrößert. Da man nun nicht alle Beobachtungen auf ein Mal anstellen kann, da überdieß die Spannungen mit den Zuggewichten zunehmen, da sie die Reizbarkeitswirkungen in ungleichem Maaße ändern, so ergiebt sich von selbst, daß man nicht berechtigt ist, die Größen der Nutzwirkungen, die man in einer Versuchsreihe an einem und demselben Muskel erhält, als gleichwerthige Zahlen zusammenzustellen. Nur bedeutendere Abweichungen, welche den Umfang jener Fehlerquellen überschreiten, liefern hier eine sicherere Grundlage.

Anhang Nr. 106. f.

2727 Wollten wir es versuchen, die Nutzwirkungen entsprechender Muskeln verschiedener Thiere zu vergleichen, so würde sich die Schwierigkeit

und die Unsicherheit noch mehr vergrößern. Wir haben zwei Grundglieder, von denen die Verkürzungsgröße abhängt, den Einfluß der Schwingungen der bewegenden Nerven, den wir mit dem Namen der Reizbarkeit und die Dehnbarkeit der Muskelfasern, die wir als Molecularbeschaffenheit derselben bezeichnen können. Es ist, wie wir sehen werden, unwahrscheinlich, daß diese beiden Glieder gleichmäßig fallen und steigen. Wir können uns wenigstens nach den gegenwärtigen Kenntnissen vorstellen, daß die Nerven des einen Präparates empfänglicher geblieben sind, während die Molecularbeschaffenheit des anderen der Ernährungsverhältnisse wegen andere Bedingungen von vorn herein darbietet. Wären auch die übrigen Nebeneinflüsse dieselben, berücksichtigten wir sogar nur die beiderseitigen ersten Versuche, so wären die ihnen entsprechenden Zahlen nicht vergleichbar, weil sie von zwei Bedingungsgliedern, die möglicher Weise unter sich abweichen, bestimmt werden.

Will man sich einen ungefähren Begriff von den Nutzwirkungen der 2728
Muskeln verschaffen, so kann man sich nur an die höchsten Werthe, die eine Reihe von Versuchen ergeben hat, halten. Man muß aber hierbei nicht vergessen, daß man selbst in den glücklichsten Fällen hinter den wahren Größen zurückbleibt. Fällt das maximale mechanische Moment auf eine spätere Reizung, so hat fast immer die Wiederholung der Verkürzung ihre nachtheiligen Einflüsse ausgeübt. Sollen wir nicht an Wirkung verlieren, so müssen wir uns mit den einzelnen Prüfungen so sehr beeilen, daß die Erholung in Verhältniß zu den großen Belastungen, die angewendet werden, nicht verbessernd durchgreift. Kein Muskel gewinnt auch in der Folge seine Kräfte, die er im Leben hatte, vollständig wieder. Liegt aber das Maximum der Nutzwirkung bei dem ersten Reizversuche, so wissen wir nicht, ob wir hier gerade die günstigsten Bedingungen getroffen haben oder nicht Wir können daher nur die höchsten gefundenen Werthe unter dem Vorbehalte, daß sie möglicher Weise in der Wirklichkeit noch größer ausfallen, anführen.

Die Größen, die man auf diesem Wege ermittelt, lassen sich in dop- 2729
pelter Art ausdrücken. Wir führen das Zuggewicht eines geradfaserigen Muskels auf eine Querschnittseinheit zurück und sagen, daß ein Muskel eine so bestimmte Last auf eine gewisse Zahl von Procenten seiner Länge emporhebt. Oder wir bringen die Beschwerung mit dem Gewichte des Muskels in Beziehung und drücken die Hubhöhe in einem bekannten Maaße oder richtiger in Längenprocenten der gedehnten Muskelfasern aus. Dieses zweite Verfahren beseitigt alle Uebelstände, welche die Querschnittsbestimmungen begleiten. Es bildet die einzige Bezeichnungsweise, die wir mit Sicherheit für die Wadenmuskeln gebrauchen können.

Ed. Weber[1]), der die gleichen Grundverhältnisse für die Zungenschildknorpelmuskeln verschiedener Frösche voraussetzt und die Einflüsse der Wiederholung der Reize auf dem Wege der Rechnung zu beseitigen sucht, gelangte zu dem Ergebnisse, daß ein Quadratcentimeter jenes Bewegungswerkzeuges, wenn es noch nicht wesentlich ermüdet ist, 450 Grm. um 40,1% seiner Länge bei der größten Nutzwirkung in die Höhe zieht. Nimmt

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 96.

man mit jenem Forscher 1,0583 als Eigenschwere der Muskelmasse an, so würde dann 1 Cubikcentimeter derselben, wenn ihre Länge 1 Cent. gleicht, das 425fache des eigenen Gewichtes um 4 Mm. oder 40% der Dehnungslänge emporheben. Die Nutzwirkung gliche dann 180,4 Grammen-Centimeter.

Weber[1]) giebt noch an, daß in diesem Falle die Muskeln das 93fache ihres Gewichtes 15 Mm. hinaufziehen. Es ist mir nicht klar geworden, worauf dieser Ausspruch beruht und was er überhaupt zu bedeuten hat, da man nicht weiß, welche ursprüngliche Länge der Muskel besitzt. Es kann natürlich unmöglich eine Muskelmasse von einem Centimeter Länge gemeint sein. Wir würden überdieß irren, wenn wir sagen wollten, daß ein Muskel, der das 425fache seines eigenen Gewichtes 4 Millimeter hebt, das 425 × 4/15 oder das 113fache desselben 15 Mm. emporziehen könnte.

2730 Da der höchste Grad der Nutzwirkung eben so gut von dem verhältnißmäßigen Ueberflusse der Verkürzungsgröße, als von dem des Zuggewichtes ausgehen kann, so wollen wir je zwei Bestimmungen aus der Anhang Nr. 109. Nr. 109 des Anhanges gegebenen Tabelle für die geradfaserigen Muskeln beispielsweise auswählen. Die eine hat den höchsten Werth für die Procente der Längenabnahme und die andere für einen Quadratcentimeter des Querschnittes. Da die Wadenmuskeln keine Querschnittsvergleichungen mit Sicherheit gestatten, so werden wir statt ihrer die Beziehungen des Lastgewichtes zu der Schwere des Muskels berücksichtigen. Wir erhalten dann:

Muskelstück.		Zahl des Versuchs.	Dehnungslänge in Centimetern.	Belastung in Grm.	Hubhöhe in Centimetern.	Größte Nutzwirkung in Grm.-Centimetern.	Nutzwirkung des Muskels für 1 Quadr.-Cent. Querschnitt und 1 Cent. Länge.	Zuggewicht in Grm.		Procente der Längenabnahme.
Name.	In Grm. ausgedrücktes Gewicht.							für 1 Quadr.-Cent. Querschnitt.	das Gewicht des Muskels = 1.	
Zungenschildknorpelmuskel	0,13	7	2,43	102	0,33	33,7	274,6	2021	785	13,6
Dsgl.	0,12	2	2,20	5	1,59	8,0	70,1	97	41,7	72,3
Schneidermuskel	0,10	1	3,23	42	0,07	2,9	31,6	1438	420	2,2
Dsgl.	0,11	3	2,98	12	0,69	8,3	80,0	345	109	23,2
Wadenmuskeln	0,39	1	3,1	535	0,30	160,5	436,1	4496	1371,8	9,7
Dsgl.	0,17	4	2,25	125	0,35	43,8	274,7	1761	735,3	15,6

Wollen wir diese Endwerthe richtig beurtheilen, so dürfen wir nicht vergessen, daß jede Größe, die wir hier finden, willkührlich oder gewissermaßen zufällig ist. Lassen wir nämlich auch die übrigen schwankenden Nebenbedingungen bei Seite, so hängt der höchste Werth des mechanischen Momentes einer Beobachtungsreihe von der Art, wie wir die Versuche anstellen, ob wir schwerere oder leichtere Zuggewichte gebrauchen, in welcher Ordnung und in welchen Zeitzwischenräumen wir sie anhängen, ab. Wir können daher auch nicht zwei Ergebnisse unmittelbar genauer

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 121.

vergleichen. Wir dürfen z. B. nur sagen, daß uns ein Zungenschildknorpelmuskel, bei dem wir vor Allem die stärksten Belastungen im Auge hatten, die größte Nutzwirkung lieferte, wenn ein Quadratcentimeter seines Querschnittes mit 2021 Grm. beschwert war oder das 785fache seines eigenen Gewichtes trug und sich in beiden Fällen um 13,6 % seiner Länge zusammenzog. Da aber auch dieses Verhältniß den höchsten Werth des mechanischen Momentes für 1 Centimeter Länge und 1 Quadratcent. Querschnitt, nämlich 274,6 Grammen-Centimeter lieferte, so ergiebt sich von selbst, daß wir hier unter den verhältnißmäßig günstigsten Bedingungen gearbeitet haben. Das Ergebniß, das wir erhielten, übertraf die Leistungen der übrigen Versuche und den Endwerth, zu dem Weber auf dem §. 2729. erwähnten Wege gelangt ist.

Gebrauchen wir leichtere Zuggewichte und begünstigen wir auf diese Weise die Hubhöhen, so werden wir im Allgemeinen niederere Werthe der Nutzwirkung erhalten. Haben wir dagegen stärkere Belastungen im Auge, so kann sich bisweilen das Umgekehrte zeigen. Es kommt jedoch auch vor, daß die mechanischen Momente kleiner ausfallen, weil zu bedeutende Beschwerungen die Verkürzungsgrößen unverhältnißmäßig erniedrigen. Die absolut höchsten Werthe der Nutzwirkungen fußen auf den günstigsten gegenseitigen Beziehungen der Belastungen und der Längenabnahmen. Da wir aber kein Mittel besitzen, diese Bedingungen von vorn herein zu bestimmen, so können wir auch nur sagen, daß der Zungenschildknorpelmuskel eines sehr kräftigen Frosches für einen Centimeter Länge und einen Quadratcentimeter Querschnitt wenigstens 274,6 Grammen-Centimeter Nutzwirkung giebt, weil er 2021 Grm. um 13,6% seiner Länge in einem günstigen Falle emporgezogen hat.

2731 Natürliche Kraft und Nutzwirkung der Muskeln. — Wir haben schon früher (§. 2683.) gesehen, wie die natürliche Thätigkeit der an ihre bestimmten Hebel gebundenen Muskeln von der absoluten Wirkung der ausgeschnittenen Verkürzungsgebilde abweicht. Sie hat den Vortheil, daß die Spannung der Fasern nicht nothwendig mit dem stärkeren Zuggewichte zu- und daher die Wirkung abnimmt. Die Verhältnisse der freien Dehnung und der absoluten Arbeit gewähren dafür den Vorzug, daß die Beschwerungen die Muskelmasse senkrecht und die Fasern überhaupt meist unter den möglichst günstigen Winkeln angreifen, während die natürlichen Anheftungen unpassendere, mit den Stellungen wechselnde Bedingungen herbeiführen.

2732 Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die Zahlen, die wir für die natürliche Wirksamkeit eines Muskels erhalten, eine noch beschränktere Anwendung, als die Werthe der absoluten Thätigkeit gestatten. Wir haben hier dieselben Einflüsse, die jeder einzelne Muskel auf die Bedeutung seines Querschnittes, den Verlauf seiner Fasern und die Beschaffenheit der Zwischengewebe mittelst seines Baues ausübt. Es gesellt sich überdieß noch der Umstand hinzu, daß häufig der Winkel, unter dem der Muskel oder die Sehne an den natürlichen Hebeln arbeitet, mit der Lage der Theile wechselt. Wir würden aber irren, wenn wir aus diesem Grunde die Erforschung der natürlichen Leistungen unbeachtet lassen wollten. Sie geben uns zunächst einen Begriff der Wirksamkeit, die im Leben unter gewissen Verhältnissen möglich ist. Sie belehren uns überdieß, in wiefern die Gesetze, die wir für die absolute Arbeit gefunden, wiederkehren oder

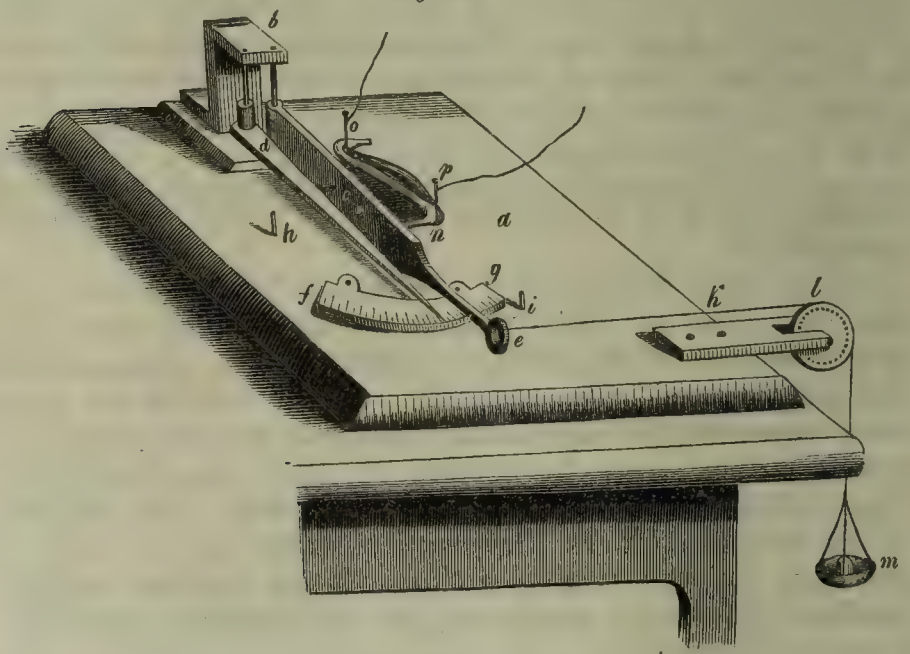
nicht, ob sie von der bei dieser frei gegebenen Spannung abhängen oder aus anderen Ursachen hervorgehen.

Die Fig. 119. abgebildete Vorrichtung kann die natürlichen Muskelwirkungen nicht angeben. Wollten wir z. B. die Gewichte an den Fuß eines ausgeschnittenen Froschschenkels hängen, so würden stärkere Lasten die Gelenktheile übermäßig dehnen und endlich zerreißen. Die Spannung könnte sich im Anfange nur ungleich auf die Wadenmuskeln übertragen. Man erhielte im günstigsten Falle Werthe, in denen ein wesentliches Grundglied von Versuch zu Versuch wechselte. Die Verhältnisse würden auch gerade den Bedingungen, die nur seltener im Leben einzutreten pflegen, entsprechen.

Der Fig. 120. gezeichnete Apparat bietet dieselben Nachtheile dar. Wollte man den mit *u* Fig. 120. bezeichneten Zugfaden an den gegen die Vorderfläche des Unterschenkels zurückgebogenen Fuß binden, so würde sich zum Theil das Gleiche wiederholen. Die Fußmasse könnte auch leicht im Augenblicke der Verkürzung schief ausweichen und das Ganze stören. Diese Gründe bewogen mich, eine dritte Vorrichtung zur Erforschung der natürlichen Wirkungen der Wadenmuskeln des Frosches anfertigen zu lassen.

Ein 18 Centimeter breites und 16 Centimeter langes Brett, *a* Fig. 125 , trägt ein

Fig. 125.



Gehäuse *b*, in dem zwei Stahlachsen eingefügt sind. Ein längerer Zeiger *c* dreht sich um die eine und ein etwas kürzerer *d* um die zweite Achse. Jener hat eine Oese *e* an seinem Ende und eine Oeffnung oder ein anderes Zeichen gerade in der Mitte seiner Länge, die 13 Centimeter beträgt. Dieser, der nur 10 Centimeter lang ist, besitzt einen kleinen Querbalken, der ihn von *c* entfernt hält. Er spielt überdieß an einer kurzen Bogenskale *fg* und wird in seiner Bewegung nach außen von einem Stifte *h* beschränkt. Ein zweiter Stift *i* leistet den gleichen Dienst für den Zeiger *c*. Ein Zugfaden *k*, der in die Oese *e* eingebunden wird, geht über die Rolle *l* und führt zu einer Waagschale *m*. Das Gewicht von dieser zieht den längeren Zeiger *c* so weit zurück, daß er an dem Stifte *i* anliegt. Bringt man ihm den kürzeren Zeiger *d* so nahe, als es dessen Querplatte gestattet, so berührt seine Spitze den Anfangstheil *g* der Skale *fg*.

Man enthäutet den Froschschenkel, den man zu dem Versuche gebrauchen will, entfernt alle Theile des Oberschenkels bis nahe zum Kniegelenke, schneidet die Zehen mit oder ohne einen Theil der Fußplatte fort und trennt die sämmtlichen Muskeln des Unterschenkels mit Ausnahme des Wadenmuskels los. Ist dieses geschehen, so biegt man den Fuß *n* so viel als möglich gegen den Unterschenkel zurück und legt ihn so auf das

Brett *a*, daß seine Spitze die Außenfläche des längeren Zeigers *c* gerade an dem Zeichen, das in dessen Mitte von *c* angebracht ist, berührt. Eine mit einem feinen Kupferdrathe versehene Stahlnadel *p* wird durch die Mitte des Unterschenkel-Fußgelenkes und eine zweite mit einem Leitungsdrathe umwickelte Nadel *o* in die Masse des Oberschenkels eingeschlagen. Der Unterschenkel ist daher unverrückbar festgestellt. Die Nadel *o* verhindert überdieß, daß der Oberschenkel nachgiebt und der Wadenmuskel, wenn er sich verkürzt, einen Theil seiner Wirksamkeit auf jenen überträgt. Der Drath von *o* führt zu dem einen Pole des Magnetelektromotors, der von *p* dagegen zu einem Quecksilbernäpfchen, in welches der zweite Poldrath eingetaucht wird.

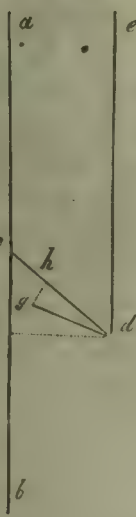
Hat man die Kette noch nicht geschlossen, so liegt der längere Zeiger *c* an dem Stifte *i* an. Der kürzere *d* ruht auf dem Anfange *g* der Bogenskale. Schließt man nun Kette, so zieht sich der Wadenmuskel zusammen und dreht den Fuß um das Unterschenkel-Fußgelenk. Die Fußplatte schiebt dann den längeren Zeiger *c* unmittelbar und den kürzeren *d*, der an der Bogenskale *g* dahingleitet, mittelbar in der Richtung von *i* nach *h* fort. Dieser Augenblick der Wirkung ist in der Figur dargestellt. Hört später die Verkürzung auf, so treibt die Schwere von *m* den längeren Zeiger *c* bis *i* zurück. Der kürzere *d* dagegen, dessen Spitze mit geringer Reibung auf *g* dahingleitet, bleibt auf dem entferntesten Punkte, den er während der Zusammenziehung des Muskels eingenommen hatte, stehen. Wir können so einen Skalenwerth, aus dem sich das Maximum der Wirkung berechnen läßt, ablesen.

Wir haben eben gesehen, daß die obere Fläche der Fußplatte die Vorderseite des Unterschenkels berührt. Der Wadenmuskel arbeitet mithin in dem Zustande seiner größtmöglichen Streckung. Kann einmal die Waagschaale *m* den Zeiger *c* an den Stift *i* drücken, so dürfen wir sie mit noch so viel Gewichten als wir wollen, beschweren, ohne daß sich die Streckung und die Spannung des Wadenmuskels im Geringsten ändert. Wir beseitigen auf diese Weise ein Hinderniß, das unter allen Verhältnissen der absoluten Muskelthätigkeit vorhanden ist und sich mit der Vergrößerung der Belastung immer mehr erhöht.

Die ganze Vorrichtung hat vor Allem im Auge, die Art und Weise, wie sich die Wadenmuskeln stärkeren Lasten gegenüber verhalten, zu untersuchen. Wir können daher immer nur kleinere Verkürzungsgrößen erwarten. Dieser Umstand macht es möglich, daß wir einen Fehler, der sonst von bedeutendem Einflusse wäre, unberücksichtigt lassen dürfen.

Beschriebe die Oese *e* des längeren Zeigers *c* einen größeren Bogen, so würde bald der Zugfaden *k* aus der gefurchten Rolle *l* ausweichen oder durch die Schwere der Belastung festgeklemmt werden. Die Fußplatte, die sich um die Nadel *p* dreht, muß natürlich in immer anderen Punkten an *c* stoßen. Würde der Bogen zu groß, so käme bald eine Entfernung, in der ihr äußerstes Ende *c* nicht mehr erreicht und in der sie sich fernerhin frei drehte, so wie sich die Wadenmuskeln noch weiter verkürzen. Die Kleinheit der beschriebenen Bögen verhütet diese Gefahr. Sie vermindert überdieß den Fehler, den die ganze Einrichtung herbeiführt, in hohem Maaße.

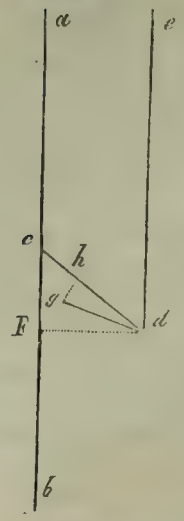
Fig. 126.



Gehen wir nun zu der etwas verwickelten Berechnung der Versuchsergebnisse über, so müssen wir zuerst untersuchen, um wie viel die Schaale *m* in die Höhe steigt, wenn der längere Zeiger *c* den kürzeren *d* um je einen Grad der Skale *fg* fortstößt. Man entwirft sich in dieser Hinsicht eine Tabelle, aus der man leicht die Grade von *fg* auf Hubhöhen der Waagschale *m* und auf Weggrößen der Oese *e* des Zeigers *c* zurückführen kann.

Denken wir, *ab* Fig. 126., sei die Achse des längeren Zeigers *c* Fig. 125., *cd* die der Fußplatte, wie sie sich im Maximum der Verkürzung um *d* gedreht hat, so wissen wir, daß *c* in der Hälfte von *ab* anliegt. Es muß daher das Gewicht, das an *b* arbeitet, verdoppelt werden, damit man den richtigen Werth erhalte. Die Achse der Fußplatte *cd* greift aber *ab* unter keinem rechten, sondern unter dem Winkel *dcb* an. Messen wir nun $dc = r$ und das von *d* auf *ab* gefällte Loth $df = 5$, so haben wir die nöthigen Größen, Anfang Nr. 101.

Fig. 127.



mittelst deren wir das Gewicht, das dem rechtwinkeligen Angriff entspricht, berechnen können. Dieser zweite Umstand muß natürlich den wahren Werth der Last abermals vergrößern. Wir werden daher die Waagschale mit weit weniger Gewichten, als der Muskel wahrhaft ziehen kann, zu beschweren brauchen.

Die Bestimmung der Verkürzungsgröße verhält sich gerade umgekehrt. Finde ich in der Tabelle der Vorversuche, daß z. B. b einen Weg von 10 Mm. durchlaufen hat, so entsprechen nur 5 Mm. der Mitte c. Nehmen wir an, daß das Fersenbein, an welchem die Achillessehne unmittelbar zieht, bei g liegt, so fälle ich das Loth gh auf die Fußplatte dc. Der Ausschlag wird durch $dc = r$, die Verkürzungsgröße dagegen durch $dh = t$ bewirkt. Sie wird also $\frac{r}{t}$ gleichen. Betrug der Weg von b 10 Mm., so wird die Verkürzung nur $5\,\frac{r}{t}$ ausmachen. Man sieht leicht, daß ein Millimeter, das wir an der Skale des Bogens fg Fig. 125. mit freiem Auge unmittelbar ablesen, einem weit geringeren Bruchtheile der Verkürzungsgröße entspricht. Wir können auf diese Weise noch kleinere Werthe, als mittelst des Fernrohres bestimmen.

Die Berechnung setzt voraus, daß sich die Einstichsstelle der hinteren Nadel p Fig. 125. in dem Drehpunkte des Fußgelenkes befindet. Es versteht sich von selbst, daß man dieses nur auf sehr ungefähre Weise in dem Versuche selbst treffen kann. Man vermag sich aber leicht zu überzeugen, daß die Irrung noch kein Millimeter betragen kann. Erreichte sie aber selbst das Doppelte dieses Werthes, so würde immer noch der Fehler äußerst unbedeutend ausfallen.

Die Achillessehne des Frosches verlängert sich in die Aponeurose der Fußsohle. Ich habe immer die Fußsohlenmuskeln der Sicherheit wegen bis auf die Knochen durchschnitten. Vergleichende Versuche belehrten mich jedoch, daß diese Vorsichtsmaaßregel ohne wesentlichen Nachtheil unterbleiben kann, weil sich die Fußaponeurose bis zu den vorderen Theilen, die man jedenfalls wegschneidet, fortsetzt.

Der kürzere Zeiger d Fig. 125. gleitet mit einiger Reibung an seiner Bogenskale fg dahin. Eben so reiben sich beide Zeiger d und e an ihren Stahlachsen und ihren Unterlagen, der Faden k an der Rinne des Rades l und dieses in dem Träger seiner Achse. Diese Nebenbedingungen erhöhen die Lastwerthe. Werden sie in der Rechnung vernachlässigt, so erhält man eher zu kleine, als zu große Zahlen und ist um so eher vor Uebertreibungen gesichert. Ich habe dieses in meinen Bestimmungen gethan. Es muß jedoch bemerkt werden, daß die Achsen mit flüssigem Hundefette eingeschmiert waren, damit die Reibungshindernisse so klein als möglich ausfielen.

2733 Die sämmtlichen Größen, die wir für die natürliche Thätigkeit der Wadenmuskeln angeben werden, beziehen sich auf den Fall, daß die obere Seite des enthäuteten Fußes dem Unterschenkel im Anfange der Beobachtung genau anlag. Der Muskel hatte daher seine größte natürliche Dehnung in allen Belastungen. Er griff aber die Fußplatte unter einem spitzen Winkel an. 1 Kilogr. Last, das wir hier finden, besitzt daher eine höhere Bedeutung, als 1 Kilogr. Beschwerung bei der absoluten Thätigkeit desselben Verkürzungswerkzeuges gehabt haben würde (§. 2683.).

2734 Betrachten wir zunächst die Maximalkraft, so wollen wir aus den Nr. 110. des Anhanges mitgetheilten Versuchen zwei Beispiele, von denen sich das eine auf einen kleinen und das andere auf einen sehr großen kräftigen Frosch bezieht, auswählen. Ich erhielt dann:

Wadenmuskel.		Gehobene Last in Kilogr.	Hubhöhe in Mm.	Nutzwirkung in Grammen-Centimetern.	Ueberwundene Last für 1 Grm. Muskel.	Procente der Längenverkürzung.
Gewicht in Grm.	Länge in dem Maximum der natürlichen Dehnung in Mm.					
0,42 [1])	25	7,058	0,07	49,4	16805	0,28
1,02 [2])	30	16,490	0,03	49,5	16166	0,10

Lassen wir auch den hier ungünstigeren Zugwinkel bei Seite, so ergiebt sich dessenungeachtet, daß die natürliche Maximalkraft größer, als die absolute (§. 2720.) ausfällt. Die bedeutende Spannung und Dehnung, die in dem letzteren Falle ungehindert eingreift, bildet ohne Zweifel die Hauptursache des Unterschiedes. Wir sehen mithin, wie sehr die Natur für die größten Belastungen gewinnt, wenn sie die Muskeln so anheftet, daß die schweren Zuggewichte die Fasern und die zwischen ihnen verlaufenden Nerven nicht übermäßig zu dehnen im Stande sind.

Wir bemerken zugleich, daß der kleinere Frosch absolut weniger, aber 2735
verhältnißmäßig mehr leistete, als der größere. Es ist dieses eine Erscheinung, die nicht bloß hier, sondern in allen Versuchen, die wir über die Wirksamkeit der Muskeln anstellen, häufig wiederkehrt.

Bemühen wir uns endlich, die Last, die einem Quadratcentimeter 2736
Querschnitt entsprechen würde (§. 2668.), für den ersten kleineren Frosch zu berechnen, so erhalten wir 44,7 Kilogr. für 0,28 % Verkürzung. Der zweite größere giebt dann 51,7 Kilogr. für 0,10 % der Längenabnahme. Denken wir uns, die Muskelmasse, die einen Quadratcentimeter Querschnitt besitzt, habe eine Länge von einem Centimeter, so liefert die Maximalkraft des kleineren Frosches 49,4 und die des größeren 49,5 Grammen-Centimeter Nutzwirkung. Man sieht hieraus, daß die Schätzung von Young (§. 2707.) nicht übertrieben ist.

Läßt man den Wadenmuskel eine bedeutende Last emporziehen, so 2737
ermüdet er in dem Maaße, daß er unmittelbar darauf ein kleineres Gewicht auf eine weit geringere Höhe, als früher hebt. Da nun hier die Dehnung und die Spannung die gleiche bleibt (S. 243.), so muß die übermäßige Anstrengung einen Theil der ursprünglich gegebenen Fähigkeiten des Muskels für den Augenblick oder für immer vernichten.

Vergrößern wir die Gewichte, mit denen der Wadenmuskel beschwert 2738
ist, so nehmen die Hubhöhen ab. Sie verkleinern sich aber nicht in geradem Verhältnisse zu der Lastzunahme. Gestattete noch die Beschwerung eine vergleichungsweise stärkere Verkürzung, so kann sie die Verdoppelung des Zuggewichtes auf ¼ ihres früheren Werthes zurückführen. War sie aber schon vorher der größeren Belastung wegen in hohem Grade,

[1]) Anhang Nr. 110. c. Vers. 1.
[2]) Anhang Nr. 110. e. Vers. 5.

z. B. auf weniger, als 1 % gesunken, so geht sie bisweilen erst auf $\frac{1}{4}$ herab, wenn sich die Beschwerung um das 15fache vermehrt [1]). Der Wechsel sehr starker Widerstände verkleinert also die verhältnißmäßigen Werthe der ihnen zukommenden unbedeutenderen Längenabnahmen in geringerem Maaße, als der schwächerer Lasten, denen weitere Verkürzungsbahnen entsprechen.

2739 Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die günstigste verhältnißmäßige Nutzwirkung nur dann den größten Belastungen entsprechen kann, wenn man einzig und allein bedeutende Beschwerungen gegenseitig vergleicht [2]). Steigt man dagegen von kleinen Zuggewichten zu immer größeren empor, so fällt wiederum (§. 2724.) das höchste mechanische Moment auf mittlere Widerstände und mittlere Verkürzungsgrößen [3]). Dieses Gesetz hängt also nicht von den störenden Dehnungs- und Spannungsverhältnissen der absoluten Thätigkeit, sondern von der ursprünglichen Natur der Muskelwirkungen ab. Es kehrt in kräftigeren und schwächeren, frischeren und ermüdeteren Muskeln wieder. Verkürzungsgebilde, die von vorn herein oder durch vorangegangene Anstrengungen geschwächt sind, geben natürlich die höchsten Nutzwirkungen für kleinere Lasten, als stärkere Muskelmassen.

Da die Hebel, an die sich der Muskel oder dessen Sehne in dem lebenden Körper ansetzt, den Umfang der möglichen Verkürzungsgröße beschränkt, so könnten wir uns denken, daß Fälle vorkommen, in denen die größte Beugung oder Streckung eines Gliedes derjenigen Längenabnahme, welche zu der günstigsten Nutzwirkung gehört, entspricht. Der Wadenmuskel des Frosches bietet jedenfalls diese Eigenthümlichkeit nicht dar. Es fragt sich aber überhaupt, ob es die Zweckmäßigkeit des Ganzen je fordert, daß gerade die äußersten Bewegungsgrenzen, die immer etwas Gezwungenes haben und in denen die Muskeln am Meisten gedehnt sind, die passendsten dynamischen Einheiten herbeiführen.

2740 Wir sahen schon früher (§. 2730.), daß man nie die vollkommen günstigsten Bedingungen der Nutzwirkung zu ermitteln im Stande ist. Wir können nur sagen, daß wir diese oder jene größten Werthe in einer Reihe von Untersuchungen, in denen wir die Gewichte mehr oder minder zufällig auswählten, erhalten haben. Setzen wir dieses voraus und berücksichtigen wir wiederum die Abhängigkeit des mechanischen Momentes von der Größe der Längenabnahme und der Schwere der Belastung, so haben wir z. B.

Gewicht des Wadenmuskels in Grm.	Zahl des Versuchs.	Länge in dem Maximum der natürlichen Dehnung in Cent.	Belastung in Grm.	Hubhöhe in Centimetern.	Größte Nutzwirkung in Grammen-Centimetern.	Nutzwirkung des Muskels für 1 Quadr. Cent. Querschnitt u. 1 Cent. Länge.	Zuggewicht in Grm. für 1 Quadr. Cent. Querschnitt.	Zuggewicht in Grm. für 1 Grm. Muskel.	Procente der Längenabnahme.
0,69 [4])	1	2,65	252	0,51	128,5	196,7	1024	365	19,2
1,02 [5])	8	3,00	1360	0,09	122,4	127,1	4237	1533	3,0

[1]) Vergl. Anhang Nr. 110. a. Versuch 1. 2. und 8. 9.
[2]) Anhang Nr. 110. c. d. f. [3]) Anhang Nr. 110. a. b. e. g.
[4]) Anhang Nr. 110. a. Vers. 1. [5]) Anhang Nr. 110. e. Vers. 8.

Halten wir uns an mäßige Belastungen, so können wir sagen, daß die größte Nutzwirkung des natürlich thätigen Wadenmuskels eines mittelgroßen Frosches in der §. 2733. erwähnten Lage, trotz des ungünstigen Angriffswinkels, zu Stande kam, wenn wenigstens die Last 1024 Grm. für einen Quadratcentimeter angenommenen Querschnittes oder das 365fache des Muskelgewichtes und die Verkürzung 19,2% der Dehnungslänge betrug. Da ich aber vorzugsweise die stärkeren Beschwerungen in den zum Grunde liegenden Versuchen im Auge hatte, da überdieß die nöthige Vorbereitung die Reizbarkeit schwächt und die Achillessehne selbst die Fußplatte unter keineswegs günstigen Verhältnissen angriff, so unterliegt es keinem Zweifel, daß noch höhere Werthe im Leben des Thieres zu Stande kommen können.

Es wurde schon oben (§. 2727.) bemerkt, daß sich die Zahlen, welche verschiedene Geschöpfe ergeben, nicht füglich vergleichen lassen. Betrachten wir aber wenigstens im Allgemeinen die in Nro. 107. und 110. verzeichneten Erfahrungen, so scheint sich zu ergeben, daß die natürlichen Thätigkeiten der Wadenmuskeln nur dann den absoluten gegenüber im Vortheil sind, wenn es sich um große Lasten und sehr kleine Verkürzungsgrößen handelt. Die nachtheiligen Folgen der Spannung und Dehnung überwiegen erst vermuthlich in diesem Falle die Einflüsse des ungünstigeren Anheftungswinkels, den die natürlichen Verhältnisse in der §. 2733. erwähnten Stellung herbeiführen. Anhang Nr. 107. und 110.

Wechsel der Reizbarkeit. — Beschwerte ich den Zungenschildknorpelmuskel eines Frosches mit einer sich gleich bleibenden Last von 2 Grm., so sank im Anfange die Verkürzungsgröße in ungleichem Maaße. Sie fiel z. B. in der Minute zuerst um 1 bis 2%, später um 3 bis 4% und zwischenhin auch einmal um weniger, als 1%. Hatte sie sich dagegen nach längerer Zeit auffallend verkleinert, so zeigte sich als beständiges Ergebniß, daß sie unverhältnißmäßig weniger in der Folge abnahm. Die letzten Spuren der Verkürzung blieben mit weit größerer Zähigkeit zurück, als die ersten, noch kräftigen Regungen der Zusammenziehung. 2741 Anhang Nr. 111.

Prüfte ich die Wadenmuskeln an der Fig. 120. abgebildeten Vorrichtung, so ergab sich ebenfalls, daß die Maximalkraft, wenn sie im Verlaufe der Zeit bedeutend gesunken ist, mit bedeutenderer Hartnäckigkeit, als früher, zurückbehalten wurde. Wir können daher im Allgemeinen behaupten, daß die beiden Seiten der Muskelarbeit, die Verkürzungsgröße und die Kraft, in den letzten Augenblicken ihres Daseyns verhältnißmäßig langsamer abnehmen. 2742

Sucht man die Kraftverminderung für alle Zwischenzeiten zu bestimmen, so gelangt man zu schwankenden Ergebnissen. Manche Wadenmuskeln liefern Reihen, in denen sich die Kraft von Minute zu Minute ziemlich gleichförmig vermindert. Andere dagegen zeigen Sprünge, die wahrscheinlich durch die Anstrengung der vorangegangenen Verkürzungen, die mittlerer Weile Statt gefundene Erholung und ähnliche Verhältnisse bedingt werden. Es kommt häufig vor, daß die ersten Zeitabschnitte größere Verlustwerthe für die Minute darbieten und daß später die Abweichungen, wenn man sie auf die ganze Dauer der Versuche vertheilt, nach ein oder zwei Sprüngen gleichartiger ausfallen. Sollte sich aber auch die Reizbarkeit in einer bestimmten beständigeren Beziehung zu der nach dem Tode 2743

verfließenden Zeit vermindern, so sinkt sie, wie die Werthe andeuten, ungefähr in einfachem oder wenigstens in einem relativ geringeren, als in einem quadratischen Verhältnisse [1]).

2744 Die Thatsache, daß sich ein Muskel in der Ruhe erholt, läßt sich auf doppeltem Wege beweisen. Reizen wir ihn mehrere Male hinter einander, so nimmt seine Verkürzungsgröße immer mehr ab. Lassen wir ihn alsdann einige Zeit ruhen, so zieht er sich später stärker, als das letzte Mal zusammen [2]). Bestimmen wir die Maximalkräfte in einer Zahl von Beobachtungen, die unmittelbar auf einander folgen, so brauchen wir oft nur dem Muskel eine kürzere oder längere Pause zu gönnen, damit uns eine neue Kraftbestimmung einen höhern Werth, als der Schlußversuch der ersten Reihe liefert. Man kann die Sache so weit treiben, daß man endlich gar keine Wirkung mehr in einer Beobachtungsreihe bekommt. Wiederholt man aber die Untersuchung nach einer gewissen Ruhezeit, so erhält man wiederum größere oder kleinere Hubhöhen [3]).

2745 Hat ein ausgeschnittener Muskel einen großen Theil seiner Wirkung durch starke Verkürzungen, bedeutende Belastungen oder zu lange Dauer seiner Arbeit verloren, so erholt er sich nie vollkommen. Seine späteren, durch Ruhe wiedergewonnenen Leistungen bleiben daher hinter den früheren Thätigkeiten merklich zurück. Die fortdauernde Ernährung kann hier nach und nach im Leben Vieles verbessern, was in dem todten Thiere unwiederbringlich verloren geht. Geringere und nur kurz anhaltende Anstrengungen liefern aber immer die günstigsten Bedingungen der Erholungserscheinungen.

2746 Da der ausgeschnittene Muskel seine Kräfte bis zu einem gewissen Grade wieder gewinnen kann, so folgt von selbst, daß die Fortdauer des Kreislaufes für die Wiederherstellung eines Theiles der Wirkung nicht unmittelbar nothwendig ist. Man hat angenommen, daß die Ernährungsflüsse hinreichen, den passenderen Zustand von Neuem herbeizuführen. Erinnern wir uns aber nur des Einflusses der Voltaischen Alternative (§. 2193.), so können wir es schon bezweifeln, ob jene selbst noch mitzuwirken braucht. Die erschütterten Molecüle der Nerven- und Muskelmasse sind vielmehr wahrscheinlich im Stande, in der Ruhe zu ihrem Gleichgewichte zurückzukehren und eine, den Wirkungen entsprechendere Anordnung wieder zu erlangen.

2747 Abhängigkeit der Muskelkräfte von äußeren Einflüssen. — Wir haben Bd. I. §. 1753. gesehen, daß die Muskeln eines verhungernden Thieres ungefähr um die Hälfte des Gewichtes, das der ganze Körper des Geschöpfes verliert, abnehmen. Da sich aber dabei ihre Länge in unbedeutendem Grade ändert, so folgt von selbst, daß der Nachtheil den Querschnitt oder die Zahl der Muskelfasern, mithin die Kraft derselben trifft. Ein verhungerndes Wesen muß aus diesem Grunde schwächer werden.

---

[1]) Siehe die Zahlenbelege in der ersten Auflage dieses Werkes. Bd. II. S. 186—191.
[2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 72. 73.
[3]) Vergl. die erste Auflage. Bd. II. S. 185. 186.

Empfängt ein Thier gar keine oder eine nur ungenügende Nah- 2748
rung, so ändert sich auch die Molecularbeschaffenheit der zurückbleibenden Muskelfasern (Bd. I. §. 1722.). Sie werden blasser und mürber. Genauere Beobachtungen lehren, daß nicht bloß ihre Kraft, sondern auch ihre Verkürzungsgröße abnimmt. Starke Verletzungen, wie die Durchschneidung des Rückenmarkes, bedingen schwächere Krampfanfälle, als in gesunden Thieren. Die Reflexbewegungen des Rumpfes und der Glieder schwinden meist bald nach solchen Verletzungen. Ausgeschnittene Muskeln verlieren ihre Reizbarkeit in wenigen Augenblicken.

Ich habe alle früher mitgetheilten Untersuchungen im Frühjahr und Sommer an kräftigen und meist sehr großen Fröschen, die höchstens wenige Tage vorher frisch eingefangen und indeß im Hellen in dem Troge eines laufenden Brunnens aufbewahrt worden waren, angestellt. Ich besaß zu gleicher Zeit andere Frösche, die seit 11 Monaten in einem künstlichen Teiche im Dunkeln und ohne daß ihnen besondere Nahrung verabreicht wurde, verweilt hatten. Die Thiere waren im höchsten Grade abgemagert. Ihre Haut hatte sich meist entfärbt. Sie erschien schmutzig grün oder schwach ziegelroth. Ihre Reizbarkeit hatte auffallend abgenommen. Sie schwand kurz nach dem Tode. Schnitt ich den Zungenschildknorpelmuskel eines solchen sehr abgemagerten Frosches so rasch als möglich heraus, so zog er sich im Maximum, wenn er mit 2 Grm. belastet war, um 26,8 % zusammen. Aenderte ich auch nicht das Zuggewicht, so reichten doch Anhang Nr. 112. schon 7 Verkürzungen hin, um alle Reizbarkeit zu vernichten. Es bestättigte sich übrigens hier von Neuem, daß die letzten Spuren der Reizbarkeit mit verhältnißmäßig bedeutenderer Zähigkeit zurückbehalten werden (§. 2741.).

Die Unterbindung der Blutgefäße oder die Durchschneidung der Ner- 2749
ven ändert nach und nach die Molecularbeschaffenheit der ihnen entsprechenden Muskelmassen. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß sich auch dann die Wirkungen derselben verringern werden. Prüfte ich dagegen Frösche, in denen ich jene Verletzung einen oder wenige Tage vorher eingeleitet hatte, an der Fig. 120. abgebildeten Vorrichtung, so zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen den gesunden und den kranken Gebilden. Wir sehen bisweilen, daß die Muskeln dieser Thiere, wenn man sie mehrere Stunden nach der Enthauptung unversehrt liegen läßt, den größten Theil ihrer Kraft beibehalten. Dasselbe kehrt, wie es scheint, im Leben mit noch größerer Zähigkeit wieder.

Die in dem Anhange Nro. 113. verzeichnete Beobachtungsreihe giebt uns 5 Beispiele. Anhang Nr. 113 Sie lehren wenigstens, daß ein Wadenmuskel, dessen Hüftnerve beinahe vier Tage vorher durchschnitten worden ist, fast eben so viel, als der gesunde Muskel bewältigen kann. Die merklicheren Veränderungen des Baues der Muskelfasern treten auch erst in der That nach zwei bis drei Wochen hervor. Die Unterbindung der Schenkelschlagader scheint im Ganzen nachtheiliger, als die der Schenkelblutader zu wirken [1]). Der Wadenmuskel eines Fußes endlich, der schon in Folge des Verschlusses der Schenkelblutader in hohem Grade wassersüchtig geworden, braucht deshalb nicht wesentlich seine Kräfte eingebüßt zu haben.

Molecularverhältnisse der Muskelmasse. — Die Unter- 2750
suchungen, die wir über die Dehnung und Elasticität zusammengesetzter Körper, wie des Kautschuk, der Schlagaderwände und der Muskeln anstellen können, stoßen auf manche wesentliche Schwierigkeiten. Hat man

[1]) Vergl. auch Engelhardt, a. a. O. pag. 39.

einen Riemen jener Massen an der Fig. 119. abgebildeten Vorrichtung unmittelbar oder mittelst der in Fig. 120. bei *s* und *t* gezeichneten Pincetten aufgehängt, mit Gewichten beschwert und den Coconfaden, dessen Stellung man mit dem Fernrohre ablesen kann, eingeführt, so wird man sich leicht überzeugen, daß nicht selten die Dehnungslängen um Bruchtheile eines Millimeters schwanken, je nachdem die gleichen Gewichte auf diese oder jene Stelle der Waagschale aufgelegt worden sind. Schneidet der obere Haken, wenn auch in noch so unbedeutendem Grade, ein oder schwingt das Ganze pendelartig, so vergrößern sich die Grenzen der Beobachtungsfehler.

Die mathematische Betrachtung der Elasticitätsgesetze nimmt der Einfachheit wegen an, daß die Dehnung vollkommen elastischer Körper den Größen der Zuggewichte entspricht. Es fragt sich noch sehr, ob dieses wahrhaft der Fall ist und ob vorzüglich das Gesetz immer wiederkehrt, die Beschwerung mag längere oder kürzere Zeit eingewirkt haben. Behalten wir die oben erwähnten, uns hier beschäftigenden Körper von zusammengesetztem Baue im Auge, so kann der Fall vorkommen, daß ein Stoff, wenn er auch später nach der Entfernung der Beschwerung zu seiner früheren Länge zurückkehrt, sich weder den Belastungen proportional streckt, noch auch immer dieselben Dehnungslängen, vorzüglich bei schwereren Gewichten darbietet. Die Einflüsse der Richtung und der Zeit der Wirkung verschaffen sich hier eine in der Erfahrung nachweisbare Geltung.

2751 Kann eine Beschwerung einen elastischen Körper ausdehnen, so erreicht dieser seine volle Dehnungslänge nicht im ersten Augenblicke. Läßt man das Ganze eine Zeit lang hängen, so kann man sich überzeugen, daß der Coconfaden immer tiefer sinkt, daß die Verlängerung immer zunimmt, bis er endlich zuletzt still zu stehen scheint oder wenigstens nicht seine Lage nach verhältnißmäßig längeren Zeitpausen ändert. Wir stoßen hierbei auf ein Gesetz, das uns schon bei den Thätigkeiten der lebenden Muskeln begegnete. Die Masse durchläuft nämlich immer spätere Bahnen mit einer stets verzögerten Geschwindigkeit. Die Verlängerung nimmt in der Regel um so mehr ab, es dauert meist um so längere Zeit, bis sie eine gewisse Raumstrecke durchlaufen hat, je anhaltender die Belastung selbst einzuwirken im Stande war.

Anhang Nr. 114. Nro. 114. des Anhanges belegt uns dieses mit einigen Beispielen, die dem frischen Zungenschildknorpelmuskel und dem Schneidermuskel von Fröschen entnommen sind. Der erstere verlängerte sich z. B. im Anfange um 0,23 % und zuletzt nur um 0,01 % in der Minute.

2752 Entfernt man das Zuggewicht, so daß der elastische Körper zu seiner früheren Länge zurückzukehren sucht, so wiederholt sich das gleiche Gesetz. Er verkürzt sich im Anfange am Schnellsten. Es dauert aber immer eine geraume Zeit, ehe er das Minimum der dann möglichen Länge erreicht hat.

2753 Der Grund dieser Erscheinungen liegt offenbar darin, daß das Spannungsgewicht nicht auf einen gleichartigen, unendlich dünnen Faden, sondern auf ungleichartige Theile wirkt, und daß die in ihrem Gleichgewichte gestörten Molecüle eine Reihe von Schwingungen machen, ehe sie zur Ruhe kommen. Der Erfolg hängt daher davon ab, welche Gebilde stärker oder schwächer angegriffen werden und wie sich Zug und Widerstand vertheilen und mit der Zeit gegenseitig auszugleichen suchen. Es ergiebt

sich aber hieraus von selbst, daß wir nur stärkere Abweichungen, die jene Fehlergrenzen überschreiten, zu sicheren Schlüssen benutzen können.

Wollen wir die uns hier beschäftigenden Verhältnisse vollkommen 2754
durchschauen, so müssen wir mehrere verschiedene Eigenschaften unterscheiden:

1) Setzt ein Körper einen bedeutenden Widerstand seiner Dehnung entgegen, so sagen wir, daß er eine bedeutende Elasticitätsgröße besitzt. Ein Kautschuckriemen dehnte sich z. B. um 1,05 % seiner Länge, wenn Anhang Nr. 115. im Anfange ein Quadratcentimeter seines Querschnittes mit 28,6 und später mit 169 Grm. beschwert war. Der Zungenschildknorpelmuskel eines kräftigen Frosches dagegen nahm um 13,2 % an Länge zu, so wie die Belastung eines Quadratcentimeters seines Querschnittes von 31,9 auf 217 Grm. stieg. Wir werden hieraus schließen, daß die Elasticitätsgröße jenes Kautschuckstückes bedeutender, als die der Muskelmasse ausfiel.

Man sieht leicht, daß hier die Mechanik dem gewöhnlichen Sprachgebrauche scheinbar widerspricht. Man pflegt einen Körper elastischer zu nennen, wenn er sich für dieselbe Kraft oder das gleiche Zuggewicht beträchtlicher ausdehnt. Eine solche Masse hat aber gerade eine geringere Elasticitätsgröße. Die Betrachtung des Elasticitätsmodulus wird uns klar machen, weshalb die wissenschaftliche Ausdrucksweise jene Bezeichnungsart vorzieht.

2) Kann dieselbe Beschwerung den einen Körper in der gleichen Zeit stärker, als einen zweiten, ohne daß er reißt, ausdehnen, so schreibt man jenem eine bedeutendere Nachgiebigkeit oder eine höhere Elasticitätsweite zu. Man sieht leicht, daß diese Eigenschaft in einem gewissen Grade der Elasticitätsgröße entsprechen wird. Sie berücksichtigt aber zugleich das Verhältniß von dieser zu den Festigkeitszuständen.

3) Wird das Zuggewicht hinweggenommen, so sucht der elastische Körper zu seiner früheren Länge zurückzukehren. Es gelingt ihm dieses um so leichter, je geringer die Belastung und die Dehnung war und je kürzere Zeit die Beschwerung eingewirkt hat. Wuchsen aber diese Bedingungsglieder in bedeutendem Maaße, so bleibt die Masse selbst nach der Entfernung des Zuggewichtes länger, als sie früher war. Die Vollkommenheit der Elasticität ist aber um so größer, je später die Grenze der bleibenden Verlängerung eintritt oder je kleiner diese im Verhältniß zur Dehnbarkeit, dem Zuggewichte und der Dauer der Spannung ausfällt. Ein Kautschuckriemen kehrte noch genau zu seiner früheren Länge zurück, nachdem die einem Quadratcentimeter entsprechende Belastung von 28,6 Grm. auf 1594 Grm. gesteigert und wieder auf 28,6 zurückgeführt worden war. Wechselte dagegen nur die Beschwerung der gleichen Querschnittseinheit des Zungenschildknorpelmuskels von 31,9 auf 433 Grm., Anhang Nr. 115. so betrug der bleibende Verlängerungswerth 12,3 %. Die geprüfte Muskelmasse war daher unvollkommener elastisch, als die Kautschucktafel.

4) Beschweren wir einen elastischen Riemen mit einer Reihe immer größer werdender Gewichte, und wiederholen wir hierauf dieselbe sich stets steigernde Folge von Belastungen, so erhalten wir nicht immer die gleichen Dehnungswerthe wieder. Kehrt selbst der Körper im Anfange zu

der ursprünglichen Länge zurück, so kann er sich doch noch anders, als früher, unter starken Beschwerungen ausdehnen, wenn die Ungleichheit der Wirkungszeiten oder andere Nebenbedingungen die Stellung seiner Molecüle wechseln ließen. Hat er eine gewisse bleibende Verlängerung seiner unvollkommenen Elasticität wegen gewonnen, so dehnt er sich häufig später verhältnißmäßig weniger, sobald die Zuggewichte eine gewisse Größe nicht überschreiten. Diese Schwankungen bestimmen den Wechsel der Elasticität, den eine Masse darzubieten vermag.

2755 Kehrt ein Körper, der durch ein bestimmtes Gewicht gedehnt worden, zu seiner früheren Länge nach dem Aufhören des Zuges zurück, so arbeitet er innerhalb seiner Elasticitätsgrenze. Er überschreitet diese, so wie ihn eine Belastung anhaltend verlängert. Die Grenze der Elasticität wird daher immer weiter mit der Vollkommenheit derselben hinausrücken.

2756 Der Elasticitätsmodulus ist dasjenige einem bestimmten Querschnitt entsprechende Beschwerungsgewicht, das den Körper bis zu seiner doppelten Länge auszieht oder bis zur Hälfte desselben zusammendrückt. Die wenigsten Substanzen ertragen jenen hohen Grad von Dehnung. Sie zerreißen früher, weil ihr Festigkeitsmodul kleiner, als ihr Elasticitätsmodul ist. Die Mechaniker helfen sich dadurch, daß sie den Werth des Elasticitätsmodul aus einem geringeren Gewichte und der ihm entsprechenden Verlängerung zu berechnen suchen. Nehmen wir an, ein Körper, dessen Länge ursprünglich 20 Mm. glich, dehnte sich unter 500 Grm. Belastung um 10 Mm., so wird angenommen, daß er sich unter 1000 um 20 Mm. verlängern würde. Sein Elasticitätsmodul müßte hiernach einem Kilogramme gleichen.

Prüft man die Verfahrungsarten, mittelst deren die Elasticitätsmoduli bestimmt werden, genauer, so findet man, daß sich in jeder Beziehung unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen. Denken wir uns den günstigsten Fall, daß sich ein Körper um das Doppelte seiner Länge ausdehnen läßt, so wird man vielleicht nie einen Stoff finden, der nach einer solchen Anstrengung zu seiner früheren Länge zurückkehrt oder vollkommen elastisch bleibt. Der Begriff des Elasticitätsmodulus fodert aber, daß die Veränderung die Elasticitätsgrenze nicht überschreitet. Da die meisten Körper geringere Festigkeits- als Elasticitätsmoduli besitzen, so berechnet man diese, wie eben erwähnt wurde, aus den kürzeren Dehnungslängen, die kleineren Beschwerungen entsprechen. Wir haben schon §. 2750. gesehen, daß nicht immer die Verlängerung und die Beschwerung selbst innerhalb der Elasticitätsgrenze in gleichem Verhältnisse wachsen. Ein Hauptgrund dieser Verschiedenheit liegt in der Dauer der Einwirkung. Nur wenige Physiker haben diesen Umstand gehörig gewürdigt [1]). Kehrt ein Körper, den wir mit einem Kilogramm eine Minute lang beschwert haben, zu seiner früheren Länge nach Entfernung der Last zurück, so wird er häufig die Vollkommenheit seiner Elasticität verlieren, wenn dasselbe Gewicht eine Stunde thätig ist. Das Gesetz, nach dem dieser Einfluß der Zeit wirkt, ist bis jetzt noch nicht entdeckt worden.

Wir haben §. 2754. bemerkt, daß ein Stoff, der die Vollkommenheit seiner Elasticität aufgegeben, an Elasticitätsgröße gewonnen zu haben pflegt. Da nun die meisten Stoffe, die sich um das Doppelte dehnen können, ihre Elasticitätsgrenze überschreiten, so erhellt von selbst, daß eine zweite Bestimmung dieses Werthes bedeutend höher, als die erste ausfallen muß. Die Erfahrungen, die wir §. 2758. für die Arterienhäute anführen werden, können uns dieses in anschaulicher Weise versinnlichen.

---

[1]) Siehe z. B. G. Lamé, Cours de Physique de l'école polytechnique. Deuxième Edition. Paris, 1840. 8. Tome I. p. 156. 157.

Man sieht hieraus, daß der Elasticitätsmodulus zu denjenigen Begriffen gehört, welche die mathematische Physik der Bequemlichkeit wegen erfindet, deren erfahrungsgemäße, sichere Ermittelung aber zu den Unmöglichkeiten zu gehören pflegt (Bd. I. §. 20.)

Wir werden uns etwas genauere Begriffe über die Elasticitätsver- 2757
hältnisse der Muskelmassen verschaffen, wenn wir sie mit denen anderer Substanzen vergleichen. Wir wollen hierzu das Kautschuck und die Schlagaderhäute, deren Spannkräfte eine so große Rolle in der Technik und in dem lebenden Körper übernehmen, auswählen.

Untersuchte ich Querriemen des Aortenbogens des Rindes, so zeigte 2758
sich zunächst, daß sie zu den Stoffen, die sich auf das Doppelte ausdehnen lassen, hierbei aber ihre Elasticitätsgrenze überschreiten, gehörten. Ein Stück, das 1,75 Grm. wog und dessen anfängliche Länge 3,11 Centimeter betrug, dehnte sich um noch ein Mal so viel unter 689 Grm. Zuggewicht. Nehmen wir die Eigenschwere zu 1,06 an und gehen wir von einem Quadratcentimeter des ursprünglichen Querschnittes aus, so erhalten wir 1,298 Kilogramm für den unter der eben erwähnten Einschränkung erhaltenen Elasticitätsmodul. Diese Beobachtung wurde 2 bis 3 Stunden nach dem Tode des Thieres angestellt. Ich bewahrte dann den Ueberrest des Arterienstückes in einem mit Wasserdunst gesättigten Raume (Bd. I. §. 117.) auf und wiederholte die Untersuchung 24 Stunden später. Ein 0,90 Grm. schwerer und 2,25 Cent. langer Querriemen, der unmittelbar aus der Nachbarschaft des früheren stammte, dehnte sich um das Doppelte unter 462 Grm. Der auf das frühere Maaß zurückgeführte Elasticitätsmodul glich daher 1,225 Kgrm. Wir können nicht mit Bestimmtheit sagen, daß diese verhältnißmäßig kleine Verringerung des Elasticitätsmodulus von der wahrscheinlich eingetretenen Selbstzersetzung herrührte. Denn verschiedene frische Stücke können selbst noch größere Unterschiede, je nachdem sie dicker oder dünner sind oder in ihren Gewebtheilen abweichen, liefern.

Zwang ich auf diese Weise die Schlagaderhaut, sich der Quere nach auf das Doppelte auszudehnen, so überschritt sie zugleich ihre Elasticitätsgrenze. Wurden die 462 Grm. in dem zweiten Versuche hinweggenommen, so betrug ihre Länge 3,15 Cent. Sie hatte sich mithin um 0,9 Cent. oder um 40% bleibend gedehnt. Beschwerte ich sie dann mit 416 Grm., so glich ihre Länge 4,71 Cent. Wollte man hiernach den Elasticitätsmodul berechnen, so erhielte man 3,111 Kilogr. oder mehr wie das Doppelte der früheren Werthe (§. 2756.). Die vorangegangene bleibende Verlängerung erhöhte den Werth aus zweifachem Grunde. Die Verlängerung verkleinert natürlich den Querschnitt. Wollen wir diesen auf einen Quadratcentimeter zurückführen, so müssen wir die gefundenen Gewichtsgrößen mit einer höheren Zahl vervielfältigen. Ein Körper, der schon früher von einem starken Gewichte bleibend gedehnt wurde, pflegt sich aber auch später verhältnißmäßig weniger zu verlängern oder an Elasticitätsgröße zu gewinnen. Die doppelte Länge fodert daher eine stärkere Belastung.

Dieser Umstand kann uns deutlich erhärten, wie sehr wir uns bei der Vorbereitung elastischer Theile, deren Dehnungsverhältnisse wir bestimmen wollen, vor jeder Zerrung möglichst hüten müssen. Ein großer Theil der Schwankungen, welche die Prüfungen thierischer Gewebe begleiten, kann aus der Vernachlässigung dieses Nebenpunktes hervorgehen.

2759 Das Kautschuck läßt sich in glücklichen Fällen so weit dehnen, daß es das Doppelte seiner ursprünglichen Länge erreicht. Es ist mir dieses an den Froschmuskeln nie gelungen. Sie rissen sogar schon in der Regel bei verhältnißmäßig kleinen Belastungen der Quere nach durch. Wir müssen hieraus schließen, daß der Festigkeitsmodulus der Muskeln kleiner, der des Kautschucks dagegen und vorzüglich der der Schlagaderhaut der Rindsaorte größer, als der Elasticitätsmodul ausfällt.

2760 Betrachten wir die Nr. 115. des Anhanges verzeichneten Werthe, so finden wir, daß die Elasticitätsgröße der Muskeln geringer, als die des Kautschucks ist. Legt man überall den Querschnitt eines Quadratcentimeters zum Grunde, so ergiebt sich, daß sich der Zungenschildknorpelmuskel oder der Schneidermuskel des Frosches unter derselben Belastung oder bei ungefähr der gleichen verhältnißmäßigen Lastzunahme stärker gedehnt hat.

Anhang Nr. 115.

2761 Betrug das Zuggewicht, das einem Quadratcentimeter Querschnitt entsprach, 433 Grm., so blieb doch schon der Zungenschildknorpelmuskel eines kräftigen Frosches um 12,3 % verlängert. Der eine Schneidermuskel, der den günstigsten Fall in dieser Hinsicht darbot, nahm um 6,7 % seiner Länge, nachdem er mit 694 Grm. für einen Quadratcentimeter Querschnitt beschwert worden war, für immer zu. Hatte dagegen der eine Kautschuckriemen 1594 Grm. für einen Quadratcentimeter getragen, so war noch nicht die Elasticitätsgrenze überschritten worden. Der zweite blieb nach 2040 Grm. um ungefähr 3 % verlängert. Die Muskeln waren daher in jedem Falle unvollkommener elastisch, als das Kautschuck. Die Nr. 115. des Anhanges mitgetheilten Zahlen lehren auch, daß sie einem verhältnißmäßig größeren Wechsel der Spannkraft unterworfen waren.

2762 Es ergiebt sich von selbst, daß die Muskeln keine so ausgezeichneten elastischen Eigenschaften nöthig hatten, weil sie sich nur wenig bei ihren natürlichen Anheftungen verlängern können, hierbei wahrscheinlich nie ihre Elasticitätsgrenze überschreiten und sich mittelst ihrer lebendigen Zusammenziehung, nicht aber vermöge ihrer Spannkraft verkürzen sollen. Ein großer Theil des Nutzens der Schlagaderwände dagegen fußt auf ihren elastischen Wirkungen. Die Natur mußte hier einen hohen Grad von Vollendung zu erreichen suchen. Die Betrachtung der Verhältnisse des Aortenriemens kann uns lehren, wie vortreffliche Stoffe in unserem Körper, wenn es nöthig ist, hergestellt werden.

2763 Soll die Spannkraft einer Masse selbst bei schwächeren Wirkungsgraden von Nutzen sein, so wird sie um so vorzüglicher arbeiten, je kleiner die Größe und der Wechsel und je größer die Weite und die Vollkommenheit der Elasticität gleichzeitig ausfallen. Die Nr. 115. des Anhanges dargestellten Werthe können uns versinnlichen, wie sehr in dieser Hinsicht die Aorte des Rindes den Kautschuck und noch viel mehr die Muskelmasse übertroffen hat. Man wird wahrscheinlich in der Technik keinen Stoff, der sich in dieser vielfachen Beziehung mit den Schlagaderwänden zu messen im Stande wäre, bereiten können.

2764 Die Dehnbarkeit und die Elasticität wechselt von Muskel zu Muskel (§. 2710.). Eine und dieselbe Muskelmasse kann aber auch in dieser

Hinsicht beträchtliche Abweichungen zu verschiedenen Zeiten darbieten. Prüfen wir die Verhältnisse nach dem Tode, so stoßen wir vorzüglich auf einen Hauptunterschied, der für die Erscheinungen der Leichenstarre wichtig ist.

War ursprünglich der rechte Schneidermuskel eines kurz vorher getödteten Frosches mit 2 Grm. ausgespannt, so dehnte er sich unter 8 Grm. um 7,5 %, unter 10 Grm. um 9,7 und unter 15 Grm. um 14 % seiner Länge. Prüfte ich dagegen den linken Schneidermuskel desselben Thieres, als sich das Hüftgelenk schwieriger strecken ließ, nämlich 43 Stunden nach dem Tode, so gab derselbe Belastungswechsel nur 2 bis 4,6 % der Längenzunahme. Es hatte mithin der Zustand der Todtenstarre die Elasticitätsgröße sichtlich erhöht. Anhang Nr. 105. b. c.

Da viele Frösche fast gar keine oder eine nur schwache und kurze Todtenstarre darbieten, so kann es sich auch ereignen, daß man dem schwankendsten Elasticitätsverhältnisse begegnet. Es ist mir mehrere Male so ergangen, als ich die Verhältnisse der einen Seite kurz nach dem Tode und die der anderen 24 Stunden später prüfte. Die Leichen der Frösche waren immer in einem mit Wasserdunst gesättigten Raume aufbewahrt worden (Bd. I. §. 117.).

2765 Vergleicht man die Muskeln des Frosches im Leben und 24 Stunden nach dem Tode, so findet man, daß sie später unter weit kleineren Lasten, als sie während ihrer Maximalthätigkeit heben konnten, durchreißen. Drei vergleichende Versuche, die ich in dieser Hinsicht an den Wadenmuskeln anstellte, ergaben mir, daß das Rißgewicht $\frac{1}{3}$ bis etwas über $\frac{1}{2}$ der größten Zuglast ausmachte. Die frischen lebenden Muskeln haben auch in der Regel höhere Festigkeitsmoduli, als die todten, welche die Fäulniß zu erweichen pflegt.

2766 Ed. Weber hat schon aus seinen Untersuchungen gefolgert, daß im Allgemeinen ein Muskel, der einer größeren Reihe von galvanischen Schlägen unterworfen wird, an Elasticitätsgröße verliert und dehnbarer oder weicher wird. Die Wahrheit dieser wichtigen Entdeckung läßt sich auf mehrfache Weise unmittelbar erhärten.

2767 Beschwert man einen Muskel mit einem verhältnißmäßig bedeutenden Zuggewichte und wartet bis der Coconfaden, der als Zeiger dient, innerhalb 30 Secunden still steht oder nur unmerklich hinabgeht, so braucht man nur in glücklichen Fällen den Magnetelektromotor 20 bis 30 Secunden wirken zu lassen, um eine sichtliche Verlängerung des Muskels zu erhalten. Er kann sich hierbei vorher in geringem Grade verkürzen oder auch stetig ausdehnen. Anhang Nr. 106. c. 6. u. Nr. 108. a. 7. d. 5

2768 Wird die gleiche und zwar verhältnißmäßig nicht unbedeutende Beschwerung beibehalten, so vergrößert sich meist die Länge, zu welcher der Muskel nach seiner Zusammenziehung zurückkehrt, um so bedeutender, je öfter er galvanisirt worden. Arbeitet man mit kräftigen Elektricitätsströmen und läßt man sie verhältnißmäßig lange einwirken, so kann man sich überzeugen, daß die Verlängerung schneller einzutreten und bedeutender auszufallen pflegt, als wenn man den frischen Muskel sich selbst überlassen hat. Anhang Nr. 108.

2769 Ein einfacher Versuch kann uns endlich die Sache mit den Ausnahmen, die sich unter gewissen Verhältnissen ergeben, deutlich versinnlichen. Anhang Nr. 116. Galvanisiren wir einen mit einer bedeutenden Last beschwerten Muskel so lange, daß er nach und nach den größten Theil seiner Zusammenziehung verliert (§. 2706.), so finden wir, daß er in der Regel für dasselbe Zuggewicht länger geworden ist. Setzen wir ihn aber kürzere Zeit der Wirkung des Magnetelektromotors aus, so kehrt er entweder genau zu seiner früheren Ausdehnung, wenn er erschlafft, zurück, oder er verlängert sich wenigstens in geringerem Grade, als im vorigen Falle. Die Ausdehnung eines und desselben Stückes des Zungenschildknorpelmuskels wuchs z. B. um 1,12 % nach möglichst langer und um 0,32 % nach kurzer Galvanisation. Ein Quadratcentimeter Querschnitt trug aber in dem ersteren Falle 266 und in dem letzteren 269 Grm.

2770 Verfolgt man diese Beobachtungen genauer, so stößt man auf zweierlei Abweichungen. Besitzt der Muskel einen hohen Grad von Reizbarkeit und ist er mit einer verhältnißmäßig geringen Last beschwert, so kann es vorkommen, daß er in dem abermals erschlafften Zustande kürzer, als im Anfange erscheint. Wurde der oben erwähnte Zungenschildknorpelmuskel mit 40 Grm. für einen Quadratcent. Querschnitt gespannt und ziemlich lange [1]) galvanisirt, so verlor er hierdurch 0,7 % seiner früheren Ausdehnung.

Da die Zusammenziehung, die der Magnetelektromotor einleitete, nach der Beseitigung des elektrischen Stromes um so länger fortdauert, je reizbarer und je weniger gespannt der Muskel ist (§. 2703.), so könnte man annehmen, daß jene Längenabnahme auf der zurückbleibenden Verkürzung der Fasern beruhe, daß sie mithin von einem Nachschwingen der lebendigen Wirkung ausgehe. Ich glaube jedoch nicht, daß dieses der Fall ist, weil die geringere Ausdehnung des Muskels zu lange verharrt. Es ist mir vielmehr wahrscheinlicher, daß sie von den Elasticitätsverhältnissen bedingt werde. Es kann schon an einem Gummiriemen vorkommen, daß er sich um einen sehr kleinen Werth verkürzt, wenn er vorher in geringem Maaße gedehnt worden.

2771 Trägt der Muskel eine verhältnißmäßig bedeutende Last und ist er durch frühere Zusammenziehungen oder aus anderen Gründen in hohem Grade erschöpft worden, so kommt es vor, daß er sich trotz der anhaltenden Galvanisation, die ihn nur schwach verkürzt, gar nicht oder unverhältnißmäßig wenig für die Dauer verlängert. Die Elasticitätsgröße ändert sich daher in sehr untergeordnetem Grade. Der Schneidermuskel eines Frosches z. B., Anhang Nr. 116. der 70 Grm. Belastung für einen Quadrat-Centimeter Querschnitt trug, verlängerte sich noch um 1,26%, wenn ihn die anhaltende Galvanisation um 33,3% im Maximum zusammenzog. Sank dagegen seine Reizbarkeit, so daß seine Längenabnahme 24,2 und 10,7% betrug, so dehnte er sich nicht mehr bleibend aus, man mochte ihn kürzere oder längere Zeit galvanisirt

---

[1]) Siehe die Erläuterung in Nr. 116. des Anhanges.

haben. Wir werden auf die Bedeutung dieser Thatsache sogleich zurückkommen.

Gehört es zur Regel, daß der Einfluß der wiederholten elektrischen 2772
Schläge und die hierdurch erzeugten Verkürzungen die Muskelmasse weicher machen, so könnte dieses möglicher Weise von zweierlei Ursachen herrühren. Der galvanische Strom wäre im Stande, den Stoff der Muskelfasern auf elektrochemischem Wege dergestalt zu verändern, daß er einen geringeren Cohäsionsgrad erlangte. Die zweite Annahme würde diese Veränderung als eine Folge der lebendigen Zusammenziehung betrachten.

Ginge die bedeutendere Dehnbarkeit aus dem elektrischen Einflusse her- 2773
vor, so müßten Muskeln, die sich nicht gleichzeitig verkürzen, dasselbe darbieten. Wir haben früher (§. 2751.) gesehen, daß eine Muskelmasse, die eine verhältnißmäßig große Beschwerung trägt, nicht auf einmal, sondern allmählig das Maximum ihrer Dehnung erreicht. Die Verlängerung nimmt aber mit der Wirkungsdauer des Zuggewichtes ab. Beobachten wir nun, wie viel sich ein Muskel, der sich nicht mehr zusammenziehen kann, in 5 Minuten bei einer sich gleich bleibenden Beschwerung verlängert hat, und setzen wir ihn dann neue 5 Minuten der Wirkung des elektrischen Stromes aus, so müßte er sich mehr verlängern, wenn ihn die elektrischen Schläge weicher machten. Geschieht dieses nicht, so ist auch jene elektrolytische Einwirkung nicht vorhanden.

Ich stellte diesen Versuch zuerst an dem Schneidermuskel eines 24 Stunden vorher getödteten Frosches an. Da sich aber möglicher Weise die Molecularbeschaffenheit der Muskelmasse geändert haben konnte, so wiederholte ich die Beobachtung an dem eines frisch getödteten Frosches. Die Hauptbedingung ist, daß sich der Muskel nicht mehr unter dem Einflusse des Galvanismus verkürzt. Ich wählte daher ein Thier, das 11 Monate lang ohne weitere Nahrung im Dunkeln aufbewahrt worden war, dessen Muskelfasern schwächer wirkten und ihre Kräfte früher verloren. Wir haben auch §. 2142. gesehen, daß eine starke Spannung, mithin ein bedeutendes Zuggewicht die Lebenskräfte der Muskeln rasch vernichtet. Ich beschwerte deßhalb meinen Muskelstreifen mit übermäßigen Lasten und erreichte es auf diesem Wege in der That, daß das untersuchte frische Muskelstück trotz vieler Hunderte von galvanischen Schlägen, die während der zweiten und vierten fünf Minuten durchgingen, keine Spur von Zusammenziehung darbot.

Die Nr. 117. des Anhanges verzeichneten Werthe lehren deutlich, daß 2774
die Cohäsionsveränderung der Muskelmasse nicht von den elektrolytischen Kräften des Magnetelektromotors herrührt. Alle Erfahrungen, die an dem älteren oder dem frischen Schneidermuskel gewonnen wurden, stimmen in dieser Hinsicht vollkommen überein. Der Muskel wird also nur deshalb weicher, weil er sich häufiger unter dem Einflusse der elektrischen Schläge zusammengezogen hat. Der Wechsel der Cohäsion selbst setzt voraus, daß er noch als lebendige Masse thätig gewesen ist. Sie geht aus keiner bloß physikalischen Wirkung, sondern aus der dem Leben eigenen Verkürzung hervor.

Die §. 2771. erwähnte Thatsache kann uns noch einen Schritt weiter 2775
führen. Tragen die Muskelfasern bedeutendere Lasten, so pflegen sie, wenn sie sich stärker verkürzt haben oder länger dem galvanischen Strome ausgesetzt waren, verhältnißmäßig mehr zu erweichen. Hat aber ihre Reizbarkeit abgenommen, so vermindert sich auch ihre Fähigkeit, an Dehnbarkeit

zu gewinnen. Die lebendige Verkürzung bestimmt daher im Allgemeinen den Grad des Wechsels der Elasticitätsgröße.

2776 Wir sind so zu einer Grunderscheinung gelangt, durch deren Entdeckung sich Weber ein wesentliches Verdienst um die Bewegungslehre erworben hat. Die früher dargestellten Erfahrungen von mir bestättigen und erweitern die von jenem Forscher aufgefundene Thatsache und erhärten zugleich, daß der Grund derselben von den Lebenserscheinungen selbst ausgeht. Drücken wir es kurz aus, so ändert die lebendige Zusammenziehung nicht bloß die Länge und die Breite, sondern auch die gegenseitige Verbindung der Atome des Muskels. Seine Molecüle haften dann lockerer an einander und geben daher äußeren Einwirkungen leichter nach. Der ausgeruhte Muskel besteht mit einem Worte aus einer anderen Masse, als der ermüdete. Der Grad der Erweichung hängt nicht von der Stärke oder Dauer des galvanischen Stromes, sondern von der der Verkürzung ab. Ein Muskel, der sich nicht mehr zusammenziehen kann, unterliegt auch nicht mehr der Art von Erweichung, die uns hier beschäftigt.

2777 Wir können schon aus den bisher erwähnten Untersuchungen schließen, daß die Elasticitätsabnahme nicht nach der Verkürzung, sondern während derselben zu Stande kommt. Weber[1]) suchte dieses noch unmittelbar auf doppeltem Wege zu beweisen.

2778 Ist der Muskel mit einer verhältnißmäßig zu starken Last beschwert, so verlängert er sich unter dem Einflusse des elektrischen Stromes und verkürzt sich, so wie dieser aufhört. Dieses kann nur davon herrühren, daß die Erweichung mehr Dehnung gestattet, als die Zusammenziehung Verkürzung herbeiführt. Die geringere Elasticitätsgröße schwindet aber nach Weber's Angabe mit der Entfernung des anregenden galvanischen Stromes in dem Grade, daß sich dann die Länge des Muskels auf der Stelle sichtlich verkleinert.

Obgleich ich eine nicht unbedeutende Zahl von Versuchen in dieser Hinsicht angestellt habe, so ist es mir doch nie gelungen, eine Beobachtung zu erhalten, welche die unmittelbare Rückkehr zu der früheren Länge sicher nachgewiesen hätte. Ich arbeitete bald mit reizbaren Muskeln und übermäßigen Lasten, bald umgekehrt mit sehr geschwächten Fasermassen und kleinen Gewichten. Glaubte ich mich der Grenze der möglichen Tragkraft genähert zu haben, so steigerte ich die Beschwerungen von Gramm zu Gramm und änderte die Thätigkeitsdauer des Magnetelektromotors in der mannigfachsten Weise, um endlich jene Rückkehr wahrnehmen zu können. Allein Alles blieb vergeblich. Ich habe oft gesehen, daß sich die Muskelmasse während der Wirkung des galvanischen Stromes aus rein physikalischen Gründen verlängerte, weil der Versuch schon zu der Zeit, wo die Belastungen den Muskel noch nicht bis zu dem Maximum der entsprechenden Länge gedehnt hatten (§. 2751.), vorgenommen wurde. Ich bemerkte häufig genug, daß der Coconfaden, wenn er schon früher still gestanden, während und nach der anhaltenden Galvanisation tiefer und tiefer hinabging, weil die Verkürzung die Dehnbarkeit dauernd vergrößerte. Ich konnte aber keinen Fall finden, in dem sie die Elasticitätsgröße vorübergehend, wie Weber annimmt, herabgesetzt hätte.

2779 Der zweite Beweis beruht auf den Verhältnissen der Drehungselasticität. Haben wir einen Metalldrath an seinem oberen Ende aufgehängt und unten mit einem Beschwerungsgewichte innerhalb seiner Elasticitäts-

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 115. 116.

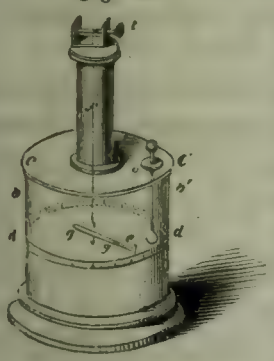
grenze gespannt, so können wir die Verhältnisse seiner Drehungselasticität bestimmen, wenn wir die Belastung um eine gewisse Zahl von Graden in waagerechter Bahn herumbewegen, hierauf das Ganze sich selbst überlassen und die Zeit, die eine Schwingung fodert, mit der Secundenuhr bestimmen. Die Achse der Wendung muß mit der des Drathes zusammenfallen.

Man kann auf diese Weise den Elasticitätsmodul des Drathes finden. Die höhere mathematische Analyse lehrt, daß er von dem doppelten Producte der Drehungskraft und der Länge getheilt durch das Product von π, des Werthes des Drehungswinkels und der vierten Potenz des Durchmessers abhängt [1]). Da sich nun die Elasticitätsmoduli zweier Körper unter sonst gleichen Bedingungen, wie die Quadrate der Schwingungszeiten verhalten, so ergiebt sich, daß die Schwingungsdauer mit dem Wachsthume des Elasticitätsmodul oder der Elasticitätsgröße kleiner wird, daß sie mit der Quadratwurzel der drehenden Kraft, der Schwere der Spannungsgewichte und der Länge des Drathes in geradem, mit dem Querschnitte dagegen in umgekehrtem Verhältnisse steht. Ein kürzerer und ein breiterer Faden wird daher auch kleinere Schwingungszeiten in Anspruch nehmen.

Ziehen sich die Muskelfasern zusammen, so nimmt ihre Länge ab und ihr Querschnitt zu. Es müßten daher die Schwingungszeiten für die gleiche Elasticitätsgröße sinken. Sie vergrößern sich aber nach Weber. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die Elasticitätsgröße im Augenblicke der Verkürzung vermindert wird.

Man stellte diese Beobachtungen mit einer Vorrichtung an, die in vieler Beziehung mit der Fig. 128. abgebildeten Drehwaage von Coulomb übereinstimmt. Denken wir uns, der Muskel sei, wie der Faden *f* aufgehängt und unten mit einem Spannungsgewichte beschwert, so führt man eine Zeigernadel, wie *gg* in seinen unteren Theil ein. Sie spielt über einem Kreisbogen *dd*, der in seiner Mitte durchbohrt ist, damit das Spannungsgewicht hindurchgehen kann. Da nur die Drehungskraft unter sonst gleichen Verhältnissen dem Drehungswinkel proportional ist, so kann man ihre Verhältnißwerthe an dem oben erwähnten Gradbogen bestimmen. Man versetzt die Muskelmasse in drehende Schwingungen und elektrisirt sie plötzlich oder prüft diese beiden Zustände in zwei gesonderten Versuchen. Es versteht sich von selbst, daß sich die Torsionswinkel in dem letzteren Falle gleich bleiben müssen. Die Froschmuskeln bieten aber hier zweierlei Schwierigkeiten dar. Ihre geringe Länge bereitet mancherlei Störungen. Waren sie gedreht, so rollen sie sich nicht gleichförmig auf. Da nun die Länge und die Breite der Faser während der Wirkung des galvanischen Stromes von Secunde zu Secunde wechselt, so kann man im günstigsten Falle die allgemeine Thatsache der Erweichung nachweisen. Es ist aber nicht möglich, Zahlen, aus denen man einen Elasticitätsmodulus herzuleiten im Stande wäre, aufzufinden.

Fig. 128.



Ein einfacher Versuch, den ich häufig gemacht habe, lehrt deutlich, 2780
daß die Erweichung mit der Verkürzung zusammenfällt. Man belastet den Zungenschildknorpelmuskel oder den Schneidermuskel mit mäßigen Ge-

[1]) Lamé, a. a. O. S. 151.

wichten und galvanisirt ihn so lange, bis er endlich mittelst seiner Ermüdung zu seiner früheren Länge zurückgekehrt ist. Entfernt man jetzt die Elektroden, so sinkt der Coconfaden um eine nicht unbedeutende Größe tiefer hinab. Es ist mir hierbei vorgekommen, daß er geschwind herunterging. Er fällt jedoch in der Regel so langsam, daß er erst nach einiger Zeit seinen niedrigsten Stand erreicht hat.

Anhang Nr. 118. b. Ein Zungenschildknorpelmuskel zog sich z. B. um 42,4 % zusammen und kehrte dann erst, nachdem er 231 Secunden galvanisirt worden, zu seiner ursprünglichen Länge zurück. Wurde nun die Verbindung mit dem Elektromotor unterbrochen, so verlängerte er sich noch nachträglich um 2%. Es ergiebt sich hieraus, daß der Muskel, wenn er auch seine ursprüngliche Länge wiedererhalten hat, nichts desto weniger noch verkürzt ist, weil ihn indeß die lebendige Zusammenziehung weicher, dehnbarer gemacht und an und für sich unter irgend größeren Belastungen verlängert hat.

2781 Die anhaltende Wirkung des Galvanismus erschöpft den Muskel in hohem Grade. Wiederholt man dieselbe Beobachtung zum zweiten Male, so ziehen sich die Fasern weniger zusammen. Es dauert kürzere Zeit, bis sie wieder ihre frühere Länge unter den Schlägen des Magnetelektromotors erreicht haben. Sie dehnen sich dafür auch in der Folge in geringerem Maaße. Dieses Gesetz greift immer mehr durch, je öfter wir die Beobachtung an einer und derselben Muskelmasse zu wiederholen suchen.

Anhang Nr. 118. b. Der Zungenschildknorpelmuskel, den wir §. 2780. erwähnt haben, verkürzte sich in dem zweiten Versuche um 28,6 %. Er brauchte nur 105 Secunden Galvanisation, um seine Länge wieder zu erreichen und dehnte sich später bloß um 1 %. Diese Werthe sanken immer mehr in den nachfolgenden Beobachtungen, bis endlich der siebente Versuch 0,2 % Verkürzung, 10 Secunden galvanischer Einwirkung und kaum 0,15 % Verlängerung darbot.

2782 Diese Thatsachen beweisen von Neuem, daß die Erweichung des Muskels nur nach Maaßgabe der lebendigen Zusammenziehung zu Stande kommt. Die Elasticitätsgröße ändert sich um so weniger, je weniger sich der Muskel innerhalb einer bestimmten Zeit verkürzt, je weniger lange seine lebendigen Thätigkeiten wirken können.

2783 Wir haben §. 2741. gesehen, daß die letzten Spuren der Reizbarkeit mit größerer Zähigkeit zurückbehalten werden. Vergleicht man die Zeiten, die ein Muskel nöthig hat, um unter dem fortdauernden Einflusse des Magnetelektromotors zu seiner ursprünglichen Länge zurückzukehren, so bestättigt sich das Gleiche. Die letzten Grade werden oft so langsam durchschritten, daß das Auge, obgleich es durch ein Fernrohr sieht, das Sinken des Coconfadens nicht unmittelbar verfolgen kann.

2784 Dieser Umstand erschwert die Zeitbestimmungen, die man sonst in solchen Versuchen mit Leichtigkeit zu Hilfe ziehen könnte. Man läßt leicht einige Secunden länger, als man sollte, galvanisiren, weil man indeß den Stand des Coconfadens genau visiren will. Eine andere Thatsache greift in dieser Hinsicht tiefer durch. Hat sich der Muskel auf sein Maximum verkürzt, so verlängert er sich nicht stetig unter dem Einflusse der

galvanischen Schläge. Er verfällt vielmehr in der Regel in Wechselkrämpfe (§. 2707.). Hat der Faden eine bestimmte tiefere Stelle erreicht, so geht er von Neuem in die Höhe, um später abermals zu sinken. Da nun die Zahl und die Dauer dieser Wechselkrämpfe in den verschiedenen Versuchen, die man mit einem und demselben Muskel anstellt, ungleich ausfallen, so unterliegen auch die Zeiten, welche die Rückkehr zur ursprünglichen Länge fodert, einer gewissen Breite der Schwankung, welche der Beobachter nicht genau auf dem Wege der Rechnung verbessern kann.

Betrachten wir die in Nr. 118. des Anhanges verzeichneten Werthe, 2785
so sehen wir, daß nicht das Maximum der Verkürzungsgröße, sondern Anhang Nr. 118.
die Zeit, welche der Muskel nöthig hat, um unter den elektrischen Schlägen seine ursprüngliche Länge wiederzuerhalten, den Grad der Erweichung bestimmt. Der Zungenschildknorpelmuskel, der sich im Anfange des ersten Versuches um 42,4 % verkürzte und 231 Secunden galvanisirt werden mußte, dehnte sich dann um 2 % bleibend aus. Der dritte Versuch ergab dagegen 2,4 % für den höchsten Werth der Längenabnahme, 35 Secunden für die Zeit der elektrischen Schläge und 0,3 % für die bleibende Verlängerung. Die Stärke der Erweichung hängt daher nicht von der größten Längenverminderung, die der Muskel erreicht, sondern von der Dauer der Reizbarkeitsthätigkeit oder von der Summe der für jede kleinste Zeiteinheit vorhandenen Verkürzungsgrößen ab. Es ist nicht die größte, ein Mal erlangte Intensität, sondern die in dem Laufe der Zeit zu Stande gekommene Quantität oder die Summe der einzelnen Intensitäten der lebendigen Thätigkeit, die den Grad der Cohäsionsabnahme bestimmt.

So sicher es ist, daß der verkürzte Muskel weicher wird, so schwer 2786
läßt sich beurtheilen, welchen Einfluß die Zusammenziehung auf die Vollkommenheit der Elasticität ausübt (§. 2754.). Ich kann mir hierüber kein ganz bestimmtes Urtheil erlauben. Ich vermag nur anzugeben, daß mir ein gelungener Versuch keine Abnahme, sondern eher eine leise Zunahme für mäßige Zuggewichte zu ergeben schien.

Hatte ich ein Stück eines Schneidermuskels, der 0,04 Grm. wog, mit 6 Grm. oder mit 279 Grm. für einen Quadratcentimeter Querschnitt belastet, so glich seine Länge 17,7 Mm. Trug es dann nur 2 Gr. oder 83 Grm. für 1 Quadr. Cent., so erhielt ich 17,0 Mm. Belastete ich es hierauf mit 12 Grm. oder 594 Grm. für 1 Quadr. Cent., so ergaben sich 18,8 Mm. Die Länge unter 2 Grm. glich dann 17,5 Mm. Die Dehnung betrug daher verhältnißmäßig 0,5 Mm. oder 3%.

Nun wurde der Muskel so lange unter 2 Grm. Belastung galvanisirt, bis er zu seiner ursprünglichen Länge zurückgekehrt war. Er verkürzte sich um 28% im Maximum und hatte später 121 Secunden nöthig. Beschwerte ich ihn jetzt mit 6 Grm., so betrug seine Länge 18,3 Mm. Er kam unter 2 Grm. auf 17,5 Mm. zurück. 12 Grm. ergaben 19,1 und wiederum 2 Grm. 17,8 Mm. Der Unterschied glich daher jetzt 0,3 Mm. oder 1,7%.

Da die Molecularbeschaffenheit des Muskels im Augenblicke der Ver- 2787
kürzung wechselt, so liegt die Vermuthung nahe, daß sich auch das Verhalten zu dem polarisirten Lichte ändern wird. Wir wollen aber erst diesen Punkt in der Nervenlehre berücksichtigen, weil wir dort ohnedieß die Beobachtungen, die bis jetzt in dieser Hinsicht über alle thierischen Gewebe angestellt wurden, kennen lernen müssen.

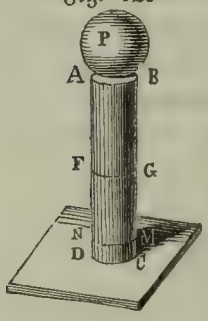
2788 **Betrachtungen über das Wesen der Muskelverkürzungen.** — Da sie gewöhnlich von den Nerven ausgehen, so müssen wir zunächst zweierlei Grundbedingungen, die Schwingungen des Nervenäthers und die Molecularverhältnisse der Muskelmasse, unterscheiden. Stimmen die Atomenzustände zweier Muskeln überein, so wird die Wirkung nur mit der Stärke des Nerveneinflusses wechseln. Da aber die Ernährungsverhältnisse die ursprünglich gegebenen Molecularbedingungen der Muskelmasse beherrschen, so muß auch derselbe Grad der Nervenwirkung ungleiche Thätigkeiten in verschieden beschaffenen Muskeln veranlassen können.

2789 Halten wir uns an die Muskelmasse allein, so haben wir zweierlei Kräfte zu unterscheiden. Der Stoff des Muskels besitzt einen gewissen Grad von Elasticität, der seine kleinsten Theile in einer bestimmten Lage erhält und die einmal angenommene Stellung bei jeder Gelegenheit zu bewahren oder wieder zu erlangen sucht. Wir wollen diese Seite der Wirkung mit dem Namen der elastischen Kraft bezeichnen. Die Zusammenziehung dagegen strebt, die Atome zu verrücken und die Masse selbst kürzer und breiter zu machen.

2790 Man sieht leicht, daß diese beiden Bemühungen einander entgegenarbeiten. Die Zusammenziehung kann nur insofern, als sie den Widerstand der elastischen Kraft überwindet, sichtlich wirken. Sie stößt immer auf ein Hinderniß, das einen Theil ihres Einflusses aufheben muß.

2791 Wir können uns die Erscheinung mit gewissen später zu erwähnenden Einschränkungen unter dem Bilde der Compressionselasticität am Leichtesten versinnlichen. Denken wir uns, ein Gewicht *P* Fig. 129. drücke den elastischen Cylinder *ABCD* so sehr zusammen, daß er zu *ABMN* wird, so strebt er in jedem Augenblicke, seine frühere Länge und Schmalheit von Neuem zu gewinnen. Seine Elasticität verzehrt gleichsam einen Theil des Druckes. Eine gewisse Menge desselben muß ihr allein das Gleichgewicht halten. Die elastische Kraft der Muskeln widersetzt sich ebenfalls der Verkürzung im Augenblicke der Zusammenziehung.

Fig. 129



2792 Denken wir uns zwei gleiche Cylinder, deren Massen verschiedene Elasticitätsmoduli besitzen, so wird der weichere ein kleineres Gewicht nöthig haben, um bis zur Hälfte seiner Höhe zusammengedrückt zu werden. Dieselbe Beschwerung muß seine Länge in höherem Grade vermindern. Nehmen wir für den Augenblick an, die Muskeln wurden durch gar kein Gewicht gedehnt, so muß die Verkürzung einen um so freieren Spielraum besitzen, je kleiner der Elasticitätsmodul der Muskelmasse ausfällt. Es ist hiernach kein Fehler, wenn diese eine geringere Elasticitätsgröße, als das Kautschuck besitzt. Es wäre unter jener Voraussetzung keine Unvollkommenheit, daß die Muskeln im Augenblicke der Verkürzung weicher werden.

2793 Die Annahme, daß die Muskeln keine Lasten zu tragen haben, enthält aber einen inneren Widerspruch. Ist auch kein Gewicht und kein fremdartiger Theil an ihrem unteren Ende befestigt, so werden doch die

Muskelfasern mit ihrem eigenen Gewichte beschwert. Sie würden deswegen von selbst zerreißen, wenn ihre Länge ein gewisses Verhältniß zu ihrem Querschnitte erreichen könnte (Bd. I. §. 61.). Sollte dieses nicht der Fall sein, so müßten ihre queren Durchmesser von unten nach oben in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Gewichte der tiefer liegenden Theile zunehmen. Sie müßten, wie man sich ausdrückt, Formen von gleichem Widerstande besitzen. Die Beobachtung lehrt aber, daß dieses nicht der Fall ist. Jeder Theil der Muskelfaser ist daher in jedem Augenblicke mehr oder minder belastet. Seine Elasticitätsgröße bedingt es, daß er eine bedeutendere Dehnungslänge zu erhalten oder zu bewahren sucht.

Besitzt ein Riemen einen kleineren Elasticitätsmodul, so zieht ihn das- 2794
selbe Gewicht stärker aus. Da aber der Muskel während der Verkürzung weicher wird, so müßte hierdurch an Hubhöhe verloren gehen. Es erklärt sich hieraus, weshalb ein mit mäßigen oder bedeutenden Lasten beschwerter Muskel, der dem anhaltenden Einflusse des Magnetelektromotors ausgesetzt wurde, der sich also eine Reihe von Malen rasch hinter einander zusammengezogen, immer noch verkürzt ist, wenn ihn auch die Ermüdung und die Erweichung zu seiner ursprünglichen Länge zurückgeführt haben (§. 2780.).

Dieses Verhältniß führte zu der Ansicht, daß die Muskeln einen Theil 2795
ihrer Wirkung im Augenblicke der Thätigkeit verlieren, weil ihr Elasticitätsmodul kleiner wird [1]). Es ergäbe sich dann von selbst, daß es zweckmäßiger gewesen wäre, wenn die Elasticitätsgröße während der Zusammenziehung unberührt gelassen und nicht herabgesetzt worden wäre.

Die Vollkommenheit, mit der die Natur alle ihre Stoffe herstellt, kann uns mit Recht gegen diese Voraussetzung mißtrauisch machen. Wir werden auch am Schlusse dieser Betrachtung sehen, daß wir uns die Gründe der Zweckmäßigkeit jener Einrichtung wohl denken können.

Befindet sich ein Körper in Ruhe oder in Bewegung, so sucht er 2796
seinen angenommenen Zustand so lange als möglich zu bewahren. Ein Stein, den wir senkrecht in die Höhe werfen, würde in dieser Bahn ins Unendliche fortgehen, wenn ihn nicht der Widerstand der Luft und die Anziehung der Erde in seinem Streben beeinträchtigten. Man nennt diese Eigenschaft die Trägheit der Massen. Der Ausdruck darf aber nicht zu dem Glauben verleiten, als beziehe sich das Wort nur auf das Verhältniß der Ruhe. Die Trägheitsmomente spielen eine große Rolle in allen Maschinen, welche Drehbewegungen einleiten. Wir werden in der Folge finden, daß sie auch in manchen Bewegungen des Menschen, z. B. bei dem Schlittschuhlaufen in kreisförmiger Bahn berücksichtigt werden müssen.

Dehnen wir einen elastischen Körper oder drücken wir ihn zusammen, 2797
so stören wir das Gleichgewicht der Atome. Sie schwingen, bis sie endlich zur Ruhe kommen. Kehren sie zu ihren früheren Verhältnissen zurück, befinden sie sich endlich in derselben Lage und dem gleichen Zusam-

---

[1]) Ed. Weber, a. a. O. S. 115.

menhange, wie vor dem Versuche, so hat dieser die Elasticitätsgrenze nicht überschritten.

2798 Das Trägheitsmoment wird die Stellung eines jeden Molecüls zu verrücken und das Elasticitätsmoment die frühere Lage herbeizuführen suchen. Der Sieg der einen oder der anderen Bedingung entscheidet es, ob sich die Größe und die Vollkommenheit der Elasticität ändern oder nicht.

Wir haben schon früher (§. 2751.) bemerkt, daß die Zeit einen wesentlichen Einfluß auf die Elasticitätserscheinungen ausübt. Eine kürzere Dauer der Störung kann zu Ergebnissen führen, welche die Elasticitätsgrenze nicht überschreiten, während eine längere das Entgegengesetzte bewirkt. Ruht später der Körper länger aus, so ist er auch eher im Stande, zu seinem ursprünglichen Zustande zurückzukehren. Es müssen daher die Schwingungen der Molecüle sehr lange anhalten und ihre Elasticitätsmomente nach und nach den Trägheitsmomenten gegenüber immer günstigere Bedingungen erreichen, je mehr sich der neue Zustand dem früheren im Laufe der Zeit anzunähern vermag.

2799 Wir können diese Vorstellungen auf die Molecularverhältnisse der Muskelmassen übertragen. Die Zusammenziehung ändert die Stellung der Atome in doppelter Beziehung. Sie verkürzt und verbreitert die Faser. Sie macht diese überdieß zu gleicher Zeit weicher. Hört sie vollständig auf, so kann zunächst die elastische Kraft des Muskels frei wirken. Wir bezeichnen ihre Thätigkeit mit dem Namen der Erschlaffung. Diese ist nichts Anderes, als die der Elasticitätsgröße entsprechende, frei gegebene Rückwirkung der Muskelmasse.

2800 Ein elastischer Körper, der für kurze Zeit mit geringen Gewichten angespannt wurde, kehrt nicht immer zu seiner früheren Länge zurück. Entfernt man sie, so kann er sogar in einzelnen Fällen kürzer, als früher bleiben. Wir haben (§. 2770.) gesehen, daß die Muskelfasern dieselbe Erscheinung darzubieten im Stande sind.

2801 Hat der Muskel länger unter dem Einflusse des Magnetelektromotors gestanden, hat er sich in derselben Zeit öfter verkürzt, so nimmt auch seine Elasticitätsgröße beträchtlicher ab. Dasselbe Gewicht dehnt ihn auch stärker aus. Er durchläuft daher bei seiner Erschlaffung eine größere Bahn, als er bei seiner Verkürzung, von dem früheren Ausgangspunkte an gerechnet, durchsetzt hatte. Trüge er gar keine Beschwerung, so würde die Verminderung seines Elasticitätsmoduls das Entgegengesetzte herbeiführen.

2802 Spannen wir einen elastischen Riemen mit einem Gewichte an, so dehnt er sich nicht auf ein Mal und der Zeit nach gleichförmig aus. Er durchläuft vielmehr die kürzesten Strecken in den letzten Augenblicken. Der Muskel, der noch nicht in Thätigkeit gesetzt worden, und der, welcher nach der Verkürzung erschlafft ist, kann die gleichen Erscheinungen darbieten.

2803 Vermindert die Zusammenziehung die Größe der Elasticität, so heißt dieses, daß die Trägheitsmomente, welche die lebendige Thätigkeit herbeiführen, die ursprünglichen Elasticitätsmomente bis auf einen gewissen Grad besiegen können. Der Zustand der Molecüle, welchen die Verkürzung, abgesehen von der Längenabnahme eingeleitet hat, verharrt daher eine Zeit

lang. Erholt sich die Muskelmasse in der Ruhe, so läßt sich erwarten, daß ihre Dehnbarkeit abgenommen haben wird. Es ist jedoch ausdrücklich zu bemerken, daß sich dieser Schluß nur auf die Erholung der Molecularverhältnisse, nicht aber auf die der Muskelthätigkeit überhaupt zu beziehen vermag.

Es ist bekannt, daß die Nerven, welche die Sinnesthätigkeiten, die 2804
Empfindung oder die Bewegung vermitteln, nach und nach in ihrer Arbeit ermüden können. Uebersetzen wir dieses in die Sprache, deren wir uns hier bedienen, so werden wir sagen, daß die Thätigkeit Molecularschwingungen der Nervenmasse veranlaßt. Die Gleichgewichtsstörung kann allmählig zu Stellungen der Atome führen, welche den Einfluß nachfolgender gleicher Wirkungen herabsetzen. Die Trägheitsmomente der schwingenden Nervenmolecüle gewinnen die Oberhand über die ursprünglichen Momente, die in der Ruhe vorhanden waren. Eine Erholung kann auch hier im Laufe der Zeit zu Stande kommen.

Behalten wir die gewöhnlichen Verhältnisse, unter denen die früher 2805
mitgetheilten Versuche angestellt wurden, im Auge, so können wir die Verkürzung als die Folge und als den entsprechenden Ausdruck jener Nervenschwingungen ansehen. Ermüdet der Muskel, so sinkt seine Längenabnahme, absolut genommen, sichtlicher, als die fortgesetzte Erweichung die Dehnungslänge für eine bestimmte Beschwerung vergrößert. Erholt er sich so weit, daß irgend beträchtlichere Zusammenziehungen von Neuem auftreten, so kann es vorkommen, daß sich die Dehnungslänge noch nicht merklich vermindert oder selbst im Laufe der Zeit vermöge der Elasticitätsgesetze vergrößert und nicht desto weniger die Verkürzung an Umfang zugenommen hat. Ist der Nerve im Stande, seine Kräfte, unabhängig von den Verhältnissen der Muskelmasse und rascher als diese wieder zu gewinnen, so wird der eben erwähnte Fall um so leichter zum Vorschein kommen.

Unterscheiden wir die Kraft, welche die Verkürzung einleitet, von den 2806
Wirkungen der Molecularbeschaffenheit der Muskelmasse, so können wir eine Reihe von Schlüssen, welche uns die Erweichung des zusammengezogenen Muskels erklärt und sie als keinen Nachtheil, sondern als einen Vortheil erscheinen läßt, aufstellen.

Fig. 130.

Zieht ein Gewicht P an dem Cylinder $ABCD$, so daß es 2807
ihn bis NM oder GF ausdehnt, so hängt die Bedeutung der Belastung von dem Querschnitte des Körpers, auf den sie einwirkt, ab. Es handelt sich um den Werth, der einer gewissen Querschnittseinheit, z. B. einem Quadratcentimeter entspricht. Dehnt sich der Körper in höherem Grade, so wird sein Querschnitt kleiner. Die Bedeutung des Lastgewichtes wächst daher, bis endlich der Körper zerreißt. Die Vergrößerung der beiden queren Durchmesser wird umgekehrt die Beziehungen, welche die Beschwerung besitzt, erniedrigen.

Diese Verhältnisse betreffen zunächst die Festigkeitsverhält- 2808
nisse. Man könnte sogar auf den ersten Blick schließen, daß sie die Elasticitäts- und Dehnungserscheinungen nicht berühren. Beschweren wir einen

elastischen Riemen mit einem Zuggewichte, so dehnt er sich nicht auf ein Mal, so sehr er kann, aus. Er durchläuft die bedeutendsten Verlängerungswege in den ersten und die kürzesten in den letzten Augenblicken. Da aber die Größe des Querschnittes mit der Dehnung ab- und daher die Bedeutung der Belastung in gleichem Verhältnisse zunimmt, so ließe sich auf den ersten Blick das Umgekehrte erwarten. Der Körper müßte sich mit der Zeit immer stärker dehnen, je dünner er geworden ist.

2809 Eine einfache Annahme beseitigt diesen Einwand. Die Trägheitsmomente, welche die früheren Verhältnisse der Molecüle zu verrücken streben, werden in dem ersten Augenblicke am Stärksten und die Elasticitätsmomente verhältnißmäßig am Schwächsten wirken. Sind aber die elastischen Eigenschaften im Stande, einen siegreichen Widerstand zu leisten, so müssen sie nach und nach die Trägheitsmomente überwinden. Es werden die Trägheitseinflüsse immer mehr, je länger es dauert, sinken. Greift diese Beziehung tiefer, als die von dem Querschnitt abhängige Bedeutung des Zuggewichtes ein, so wird sich der Körper immer weniger dehnen. Es wird sich die Verlängerung immer mehr verkleinern und endlich zuletzt gänzlich aufhören.

2810 Dem sei nun wie ihm wolle, so muß ein Riemen, dessen Querschnitt plötzlich größer wird, ein verhältnißmäßig kleineres Gewicht in dem ersten Augenblicke tragen und daher weniger gespannt und gedehnt werden. Die Muskelfasern erfüllen diese Bedingung. Die Verkürzung vergrößert ihren Querschnitt, sie erhält sich aber nur kurze Zeit auf dem Maximum ihrer Höhe.

2811 Die Erfahrung bestättigt die Richtigkeit dieses Schlusses. Denn dieser erklärt ein Gesetz, das wir früher (§. 2723.) kennen gelernt haben. Denken wir uns, die Reizbarkeit könnte beständig erhalten werden, so verkleinern sich die Verkürzungsgrößen in geringerem Maaße, als die Beschwerungen zunehmen. Wäre die Bedeutung der Lasten in allen Fällen die gleiche, so ließe sich erwarten, daß die Gewichte und die Längenverminderungen gleichförmig zunähmen. Je mehr sich aber der Muskel verkürzt, um so breiter wird der Querschnitt, um so kleiner die Bedeutung der angehängten, in der Wirklichkeit beständig bleibenden, in ihren Beziehungen aber wechselnden Beschwerungen. Die Lasten können daher stärker, als die Verkürzungen wachsen. Die lebendigen Kräfte (und nicht bloß die Molecularverhältnisse der Muskelmasse) haben geringere Widerstände zu überwinden. Die Erhöhung der Lastgewichte vermag daher unverhältnißmäßig zuzunehmen.

2812 Wir haben früher (§. 2791.) die Wirkung der Verkürzung mit einem Gewichte, das eine elastische Säule zusammenzudrücken sucht, unter gewissen Einschränkungen verglichen. Es ist hier der Ort, die Unterschiede schärfer ins Auge zu fassen.

Ist ein fremdes aufgelegtes Gewicht thätig, so sinkt seine Bedeutung oder seine Beziehung für einen Quadratcentimeter des Querschnittes in um so höherem Grade, je mehr sich die Durchmesser des zusammengesetzten Körpers vergrößern. Die Reizbarkeit, welche die Verkürzung herbeiführt,

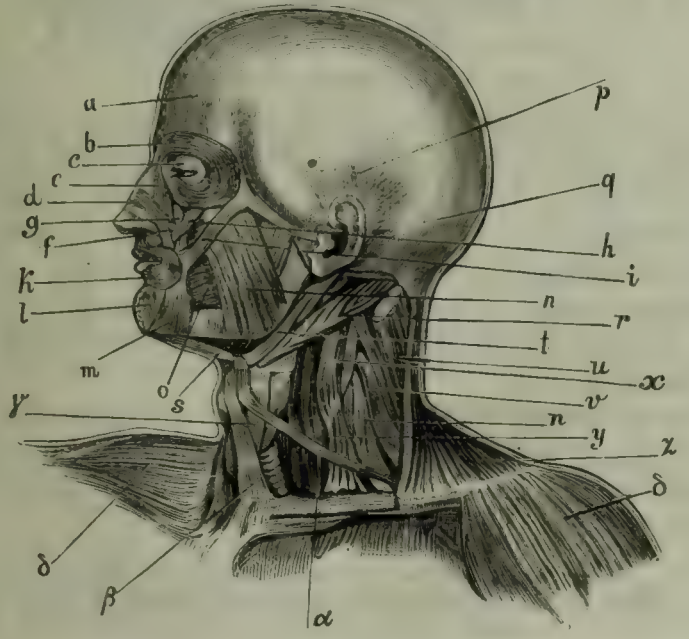
arbeitet aber nicht, wie ein fremdes aufgelegtes Gewicht. Sie ist in jedem Molecüle thätig, ganz gleichgültig, wie sie liegen, ob sie sich mehr der Länge oder der Quere nach ordnen. Die Veränderung des Querschnittes wird daher hier keinen Einfluß ausüben.

Setzen wir dieses voraus, so wird die Verkürzung, die immer nur 2813
wenige Augenblicke auf ihrer größten Höhe bleibt, freier spielen können, wenn sich die Elasticitätsgröße der Muskelmasse verkleinert. Sie hat dann einen geringeren elastischen Widerstand der Muskelfasern zu überwinden. Die nachtheiligen Folgen der Vergrößerung des Querschnittes, die mit der Zusammenziehung verbunden sind, berühren sie nicht. Sie verkleinern aber die Bedeutung des Zuggewichtes und erniedrigen den Widerstand, der sich von dieser Seite aus der lebendigen Thätigkeit und zugleich den Molecularverhältnissen der Muskelfasern entgegensetzt. Die Verminderung der Elasticitätsgröße, diese Art von Ermüdung ist daher kein Nachtheil, sondern ein Vortheil. Es wird ein ungünstigerer Folgezustand herbeigeführt, damit die früher mögliche Verkürzungsgröße eine desto bedeutendere Höhe für eine geringe Zeit erreichen könne. Diese Theorie giebt uns zugleich den Schlüssel der Erklärung, weshalb die Ermüdung überhaupt keinen Fehler und gleichsam keine Schwäche in den Einrichtungen der lebenden Wesen bildet. Wäre sie nicht vorhanden, so würde auch das Maximum der vorangegangenen Wirkung geringer ausgefallen sein.

IV. Thätigkeit der einzelnen Muskelgruppen des Menschen.

Hinterhaupts- und Gesichtsmuskeln. — Der Hinter- 2814
haupts- und der Stirnmuskel (M. occipitalis und M. frontalis) (*a* und *q* Fig. 131., *a* und *b* Fig. 134.) heften sich an entgegengesetzte End-

Fig. 131.

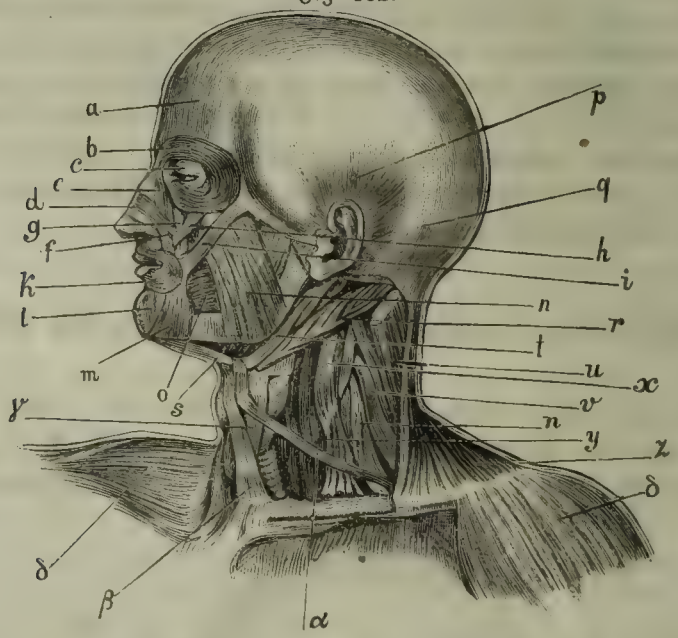


stücke der Kopfhaube (Galea aponeurotica). Man hat daher auch häufig beide als einen Muskel (M. epicranius), der in der Mitte sehnig ist, angesehen. Wirkt der Stirnmuskel allein, so kann er die Kopfhaube nach vorn und unten ziehen und die Stirne in Falten legen. Der Hinterhauptsmuskel dagegen führt sie in dem gleichen Falle nach hinten und unten. Beide zusammen werden die Schädelhaube andrücken. Sie spielen mithin, wie die Gewichte an einer zweiarmigen Waage (§. 2595.).

2815 Da die Kopfhaut mit der Schädelhaube locker verwachsen ist, so folgt sie leicht den Verschiebungen derselben. Manche Menschen können den Stirn- und den Hinterhauptsmuskel abwechselnd spielen lassen, so daß die behaarten Theile der Schädelhaut hin und her gezogen werden.

2816 Man nennt häufig den Kreismuskel der Augendeckel (Orbicularis palpebrarum) (*b c* Fig. 132.) den Schließer der Augenlider.

Fig. 132.



Nur der innere Theil desselben *c*, den man auch richtiger als einen eigenen Muskel (M. ciliaris) betrachtet hat, versieht vorzugsweise diesen Dienst. Er bringt die Ränder der Augenlider an einander und schließt auf diese Weise die Augenspalte. Es kann hierbei zugleich eine Verrückung der Augenlider in waagerechter Richtung zu Stande kommen. Diese beiden Bewegungsarten wechseln nicht bloß ihrem Grade nach in verschiedenen Personen, sondern weichen auch nicht selten in beiden Augen eines und desselben Menschen ab [1].

2817 Da sich die meisten Muskelfasern der inneren Abtheilung des Kreismuskels der Quere nach hinziehen, so übt auch ihre Verkürzung einen gewissen Druck auf die Oberfläche des Augapfels aus. Wir haben schon

[1] S. Th. v. Sömmerring, Lehre von den Gefäßen und Muskeln des menschlichen Körpers. Umgearbeitet von E. W. Theile, Leipzig, 1841. 8. S. 30.

früher (Bd. I. §. 1495.) gesehen, wie hierdurch die regelrechte Verbreitung der Flüssigkeit, die sich in dem Bindehautsacke befindet, begünstigt wird. Die Meibomischen Drüsen, die zwischen den drückenden Muskelgebilden und dem widerstehenden Augapfel liegen, erfreuen sich der gleichen Pressung. Ihre fettige Absonderung kann um so eher entleert werden.

Das obere Augenlid hat noch seinen besonderen Heber (Levator pal- 2818
pebrae superioris) (*g* Fig. 87. S. 180.). Das untere dagegen besitzt keinen weiteren Muskel, der die Senkung vermittelte. Sein Knorpel ist schwächer; seine Hautwand schlägt sich leichter nach außen um und bildet so das Ectropium.

Viele Menschen sind nicht im Stande, die Augenlider der einen Seite zu schließen und die der anderen offen zu erhalten. Soll diese beschränkte Wirkung zu Stande kommen, so muß bei ihnen die Hand nachhelfen. Die Astronomen und die Mikroskopiker können aber am Deutlichsten lehren, wie leicht Gewohnheit und Uebung diese Unvollkommenheit zu beseitigen vermögen.

Die äußere Abtheilung des Kreismuskels der Augenlider (*b* Fig. 132.) 2819
treibt die Haut, vorzüglich der äußeren, oberen und unteren Umgebung der Augendeckel wallartig hervor, faltet sie, zieht die Augenbraue unter Mithilfe des Runzelers derselben (Corrugator supercilii) nach unten und trägt auf diese Weise zur Beschattung des Auges und selbst zur gegenseitigen Annäherung der Augenlider bei. Da sich seine Fasern mit denen des Hebers der Oberlippe (*e* Fig. 132.) verbinden, so kann er auch auf die Haut, die nach außen von der Mitte der Nase liegt, wirken.

Der Thränenbeinursprung des Kreismuskels wird als Horner'scher 2820
Muskel besonders unterschieden. Ein Theil der Fasern dieser Bündelgruppe geht aber von der Außenwand des Thränensackes aus. Hyrtl[1]) nimmt daher an, daß er diesen in dem Augenblicke, in dem die Augendeckel kräftig geschlossen werden, erweitert. Es kann auf diese Weise eine größere Menge von Flüssigkeit den Bindehautsack verlassen.

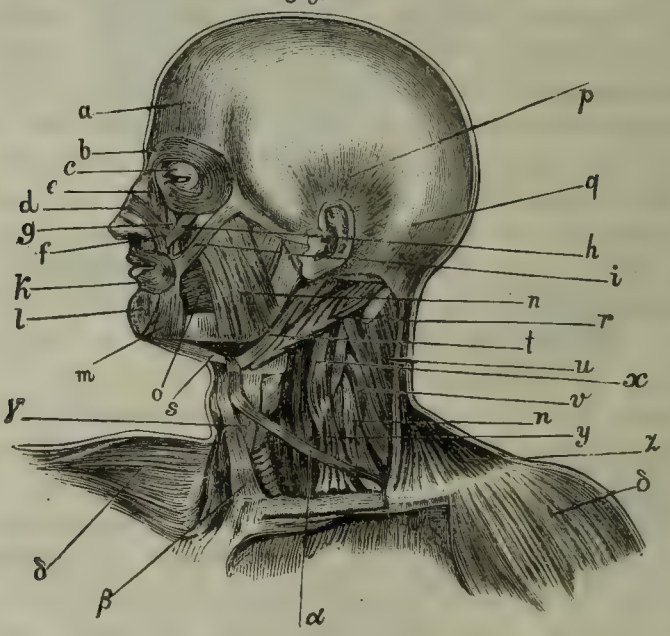
Die zarten Antlitzmuskeln bewegen nur nachgiebige kleine Knor- 2821
pel und leicht verschiebbare Weichgebilde. Ihre schwache Wirkung verändert die Oeffnungen der Nasenlöcher in beschränktem Maaße. Der größte Theil der Gesichtshaut und vorzüglich die weichen Lippen unterliegen dagegen ihrem Einflusse in um so stärkerem Maaße. Obgleich sie an und für sich zu den schwächsten Muskelmassen des Körpers gehören, so sichert ihnen doch ihre Lage eine höhere Bedeutung, als vielen ihrer größeren Nebenbuhler zukommt. Der bleibende Gesichtsausdruck, der oft eine anhaltende eigenthümliche Geistesrichtung verräth, das vorübergehende Mienenspiel, welches die Regungen des Innern augenblicklich wiedergiebt, hängt zu einem großen Theile von ihnen ab. Viele ihrer Bündel gehen deshalb auch, in Fett vergraben, in den mannigfachsten Richtungen dahin, damit sich jedes für sich verkürzen und den Gesichtsausdruck in den leisesten Uebergängen verändern könne.

[1]) J. Hyrtl, Handbuch der topographischen Anatomie und ihre praktisch medicinisch-chirurgischen Anwendungen. Wien, 1847. 8. S. 131. 132.

2822 Der Niederzieher des Nasenflügels (Depressor alae nasi) führt diesen, von dem Drücker der Nasenlöcher (Compressor narium) (*d* Fig. 133.) wahrscheinlich unterstützt, nach außen und unten und nähert zugleich dessen äußeren und hinteren Theil dem Oberkieferknochen, so daß die Nachbarstellen der Oberlippe und der Wangenhaut wulstiger hervorzutreten scheinen. Der vordere Erweiterer der Nasenflügel (Dilatator narium anterior) bewegt den vorderen und der hintere (D. n. posterior) den hinteren Theil des ihm entsprechenden Nasenflügels nach außen.

2823 Die übrigen Nasenmuskeln sind bloße Nebenstücke anderer Verkürzungsgebilde. Die Gesammtmasse wirkt daher noch auf Nachbarorgane, wie die Stirnhaut oder die Lippen. Der Rücken der Nase erhält einen Muskelfortsatz des Stirnmuskels (Procerus nasi), der dessen Haut zu heben im Stande ist. Der Aufheber des Nasenflügels und der Oberlippe (Levator alae narium labiique superioris) (*e* Fig. 133.) zieht die beiden in seiner Benennung bezeichneten Gebilde in die Höhe und faltet zum Theil die Nasenhaut. Der Nasenmuskel der Oberlippe (Nasalis labii superioris) (bei *f* Fig. 133.) bildet nur ein Stück des Kreismuskels

Fig. 133.



des Mundes (Orbicularis oris) (*k* Fig. 133.), wirkt wahrscheinlich gleichzeitig mit einem Theile desselben und führt die Nase und vorzüglich deren Scheidewand nach unten.

2824 Die Thätigkeit der meisten übrigen Gesichtsmuskeln ist für die Orts- und Gestaltveränderung der Lippen berechnet Der Kinnheber (Levator menti) und der abweichende Muskel des Unterkiefers (Anomalus maxillae inferioris) bilden in dieser Hinsicht die einzigen Ausnahmen.

2825 Der Kreismuskel des Mundes (Orbicularis oris) (*k* Fig. 133.) kann nicht vollkommen einem reinen Kreisfasermuskel gleichgestellt werden, weil

die Ausläufer zahlreicher Gesichtsmuskeln (Buccinator, Levator und Depressor anguli oris, Zygomatici, Platysmamyoides) seine eigenthümlichen Fasern durchkreuzen oder selbst vielleicht in sie übergehen. Arbeitet er im Ganzen, so verkleinert er die Breitenachse der Mundspalte. Die Ränder und ein Theil der Oberflächen der Lippen treten in stärkerem Grade hervor. Die Mundöffnung kann gleichzeitig geschlossen oder in ein rundliches Loch verwandelt werden. Es entstehen so die mannigfachen Formen, welche die Einstellung dieser Theile bei dem Essen, dem Küssen, dem Pfeifen oder dem Saugen darbietet.

Die äußeren und die inneren Abtheilungen des Kreismuskels können 2826
aber auch gesondert wirken. Jene würden dann die Lippen wulstig hervortreiben, die Nase herunter- und das Kinn hinaufziehen, diese dagegen die Lippenränder nach innen führen, so daß die rothen Flächen derselben dem Blicke zu einem großen Theile oder gänzlich entgehen. Arbeitet endlich die Muskelmasse einseitiger, so erhalten wir eine waagerechte Verschiebung der Mundspalte. Der eine Mundwinkel rückt nach innen und der andere nach außen.

Eine ganze Reihe von Muskeln hat die Bestimmung, diesen Verhält- 2827
nissen entgegenzuwirken und die Lippen auf die mannigfachste Weise fortzuziehen. Der Heber der Oberlippe und des Nasenflügels (Levator labii superioris alaeque nasi) (*e* Fig 133.) und der eigene Heber der Oberlippe (Levator labii superioris proprius) (*g* Fig. 133.) führen sie nach oben und die Jochbeinmuskeln (Zygomatici) (*h* und *i* Fig. 133.) nach außen gegen die Wange hin. Der Niederzieher der Unterlippe (Depressor labii inferioris s. Quadratus menti) (*l* Fig. 133.) und zum Theil der Niederzieher des Mundwinkels (Depressor anguli oris) (*m* Fig. 133.) bewegen die Unterlippe nach unten und außen. Der Mundwinkel wird durch seinen Heber (Levator anguli oris) in die Höhe gezogen und durch den Backenmuskel (Buccinator) (*o* Fig. 133.) nach außen und gegen die vordersten Backzähne geleitet.

Manche eigenthümliche Wirkungen begleiten unmittelbar diese Thätig- 2828
keiten. Andere dagegen können nur, wenn ein berechnetes Widerspiel benachbarter Muskelfasern verändernd eingreift, zu Stande kommen. Der größere Jochbeinmuskel (Zygomaticus major) (*i* Fig. 133.) treibt die Wangenhaut wulstig hervor. Das Wangengrübchen, das sich in vielen Menschen bei dem Lachen bildet, rührt wahrscheinlich von der Thätigkeit dieses Muskels und des Lachmuskels (Risorius Santorini) her [1]). Arbeitet der Kreismuskel des Mundes der §. 2827. erwähnten Thätigkeit des Backenmuskels (Buccinator) entgegen, so drückt dieser die Wange an die Zähne. Er erfüllt auf solche Weise seine Bestimmung bei dem Kauen (Bd. I §. 493.).

Der Kinnheber (Levator menti) zieht das häutige Kinn in die 2829
Höhe und veranlaßt so die dann zum Vorschein kommenden Unebenheiten

---

[1]) Theile, a. a. O. S. 57.

desselben. Er stößt dabei die Unterlippe nach oben, wirkt aber nicht unmittelbar auf die Mundspalte.

2830 Alle bisher betrachteten Lippenmuskeln sind paarig vertheilt. Jede Seitenhälfte hat entweder ihren gesonderten Muskel oder eine Muskelhälfte, die von einer eigenen Reihe von Nervenstämmen beherrscht wird. Nimmt man den Kreismuskel des Mundes und den Backenmuskel aus, so gehört jedes der genannten Muskelgebilde der Ober- oder der Unterlippe, nicht aber beiden zugleich an.

2831 Die Breite der Lippen macht es möglich, daß eine so bedeutende Zahl von verschieden wirkenden Muskeln den Bewegungen derselben dienen können. Da aber ein Theil von ihnen den geraden Querdurchmesser der Mundspalte zu verkleinern und ein anderer ihn bedeutend zu vergrößern vermag, so darf es nicht befremden, daß der höchste Werth, welchen die möglichste Entfernung der Mundwinkel in kräftigen Menschen darbietet, den kleinsten, den wir in den gleichen Personen antreffen, um das Drei- bis Vierfache übertrifft.

Die beiden Seitenhälften der Muskulatur, welche die Lippen und die Mundspalten beherrschen, verhalten sich im Allgemeinen wie Gegenkräfte. Die symmetrische Lage der Mundspalte ist hierbei im Zustande der Ruhe gesichert. Gewinnt aber der eine Theil das Uebergewicht, weil er sich selbst mit größerer Gewalt zusammenzieht oder weil sein Gegenfüßler geschwächt oder gänzlich gelähmt ist, so wird auch der Mundwinkel nach seiner Seite hin verzogen. Die Mundspalte vergrößert sich hier, sie kann auch nicht an dieser Stelle vollkommen geschlossen werden. Wir werden in der Nervenphysiologie sehen, daß Lähmungen des einen Antlitznerven diese und mehrere andere Folgeerscheinungen bedingen.

Manche Unregelmäßigkeit kann auch dadurch entstehen, daß das normale wechselseitige Spiel der Muskeln der einen Gesichtshälfte aufgehoben ist. Der Mundwinkel tritt z. B. nach außen und oben, wenn der größere Jochbeinmuskel, und nach außen und unten, wenn der Niederzieher des Mundwinkels das Uebergewicht erhält. Der letztere Muskel stülpt den entsprechenden Lippenrandtheil nach außen. Diese Wirkung verräth sich bei einseitiger Thätigkeit in der Nachbarschaft des Mundwinkels am Deutlichsten. Sie tritt aber allmählig bis zur Mittellinie zurück. Die Heber der Oberlippe können an dieser etwas Aehnliches, jedoch in geringerem Grade einleiten. Eine übermäßige einseitige Wirkung des großen Jochbeinmuskels, die nicht von dem Backenmuskel gehemmt wird, ist im Stande, die rothe Fläche des Mundwinkels in geringem Maaße nach außen zu wenden. Die Berücksichtigung dieser untergeordneten Verschiedenheiten kann den Arzt bestimmen lassen, welche einzelnen Muskeln in Heilungsversuchen durchschnitten werden sollen [1]).

2832 Kaumuskeln. — Wir haben schon früher (Bd. I. §. 491. 492.) die bedeutenden Kräfte, welche diesen Verkürzungsgebilden zukommen, kennen gelernt. Da der Unterkiefer die Grundlage für ihre Druckwirkungen abgiebt, so besitzt er auch einen bedeutenden Grad von Festigkeit. Künftige Forschungen werden noch entscheiden müssen, ob er, vorzüglich in seiner Vorderhälfte, als ein paraboliſcher Körper von gleichem Widerstande anzusehen ist oder nicht.

2833. Das Kiefergelenk zeichnet sich dadurch aus, daß der Gelenkkopf seine Pfanne zu verlassen und auf die vor ihr befindliche Grube zu treten im

[1]) J. F. Dieffenbach, Ueber die Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Berlin, 1841. 8. S. 314.

Stande ist. Wird die Unterkinnlade stark gesenkt oder vorgeschoben, so leitet sich diese eigenthümliche Ortsveränderung ein. Der Zwischenknorpel, den das Kiefergelenk besitzt, folgt dann dem Gelenkkopfe.

Da es vor Allem die Zähne sind, mittelst deren die Kiefer ihre Haupt- 2834
bestimmung erfüllen, so erklärt es sich von selbst, weshalb die senkrechte Bewegung der Unterkinnlade einen weit größeren Spielraum, als die waagerechte erhalten hat. Diese würde, so wie sie die Breite der Zähne überschritt und kein Theil der oberen Zahnreihe die untere mehr berührte, den vorzüglichsten Zweck des Ganzen verfehlt haben. Sie wurde daher selbst auf jene bedingte Größe in den Geschöpfen, die ihrer am Meisten bedürfen (Bd. I. §. 488.), beschränkt und in dem Menschen noch mehr verringert. Versuchen wir das Mittelstück des Unterkiefers nach rechts zu verschieben, so können wir bemerken, wie der rechte Gelenkkopf der unteren Kinnlade dem Gefühle des Fingers nach und nach undeutlicher wird, während der linke stärker hervortritt.

Alle vier Kaumuskeln, der Schläfenmuskel (Temporalis), der 2835
Kiefermuskel (Masseter) (*n* Fig. 133., *c* Fig. 139.), der innere und der äußere Flügelmuskel (Pterygoideus internus und externus) können dazu beitragen, daß die untere Kinnlade gegen die obere mit vieler Kraft gedrückt und ein zwischen den beiden Zahnreihen eingeklemmter Körper mit großer Gewalt gepreßt wird. Die drei zuerst genannten Verkürzungsgebilde eigenen sich hierzu am Leichtesten.

Der Schläfenmuskel benutzt zu seinem Ausgangspunkte die breite 2836
und vertiefte Fläche der Schläfengrube und trägt seine Wirkung auf den Kronenfortsatz des Unterkiefers über. Sein idealer Hebelarm gewinnt hierdurch an Länge und mithin an Kraftwirkung (§. 2614.). Er betheiligt sich vorzugsweise bei dem gewöhnlichen Kauen des Menschen. Wird diese Arbeit zu lange fortgesetzt, so schmerzt deshalb auch die Schläfengegend. War der Unterkiefer in der bald anzugebenden Weise nach vorn verschoben, so kann er ihn nach hinten zurückführen.

Der Kiefermuskel und der innere Flügelmuskel bilden die 2837
nächsten Gehilfen des Schläfenmuskels. Jener geht mit seiner Kraftwirkung von dem Jochbeine und dieser von der Flügelgrube aus. Beide genießen ebenfalls die Vortheile, welche die Verlängerung der Hebelarme darbietet. Die Natur der Sache gebot aber eine gewisse Beschränkung, weil es sonst unmöglich gewesen wäre, den Mund weit genug zu öffnen. Die Kaumuskeln konnten sich daher nicht zu sehr von dem hinteren Winkelstück des Kiefers entfernen.

Der äußere Kiefermuskel betheiligt sich vorzugsweise seiner 2838
queren Stellung wegen bei der waagerechten Verschiebung des Kiefers. Er führt die Unterkinnlade nach vorn und nach der Seite. Sie gleitet daher hin und her, so wie die Muskeln der beiden Seiten abwechselnd wirken. Arbeiten sie gemeinschaftlich, so schieben sie den Unterkiefer nach vorn, so daß die untere Zahnreihe vor der oberen hervortritt. Genauere Untersuchungen müssen aber feststellen, ob sich noch hierbei die vordere Schicht des Kaumuskels und Fasern des inneren Flügelmuskels betheiligen oder nicht.

Da die Kaumuskeln der einen Seite nur die ihnen entsprechende Unterkieferhälfte beherrschen, so werden sie sich in mancher Hinsicht wie Gegenstücke oder Antagonisten verhalten. Man bemerkt auch in der That, daß die Unterkinnlade (der Säugethiere) in geringerem Grade seitlich verschoben ist, wenn alle Muskeln derselben an einer Seite ihre Thätigkeit aufgegeben haben. Dieses Mißverhältniß tritt noch deutlicher bei dem Kauen, das natürlich nur an der gesunden Seite vollführt wird, hervor. Bloße Lähmungen des Schläfenmuskels, des Kaumuskels und des inneren Flügelmuskels ziehen solche Lagenveränderungen der unteren Kinnlade nicht nothwendig nach sich.

2839 Geben die Kaumuskeln unbedingt nach, so sinkt die untere Kinnlade von selbst herab, weil ihr unter dem Aufhängepunkt liegender Schwerpunkt die tiefste Stelle aufsucht. Die Verkürzungsgröße der Kaumuskeln kann daher schon allein bestimmen, wie weit sich der Unterkiefer von dem Oberkiefer entfernt. Wir haben aber schon früher (Bd. I. §. 490.) gesehen, daß die Natur nicht die ganze Erscheinung der Herrschaft der physikalischen Bedingungen überläßt, sondern noch besondere, wenn auch schwache Gegenfüßler der Kaumuskeln herstellt.

Der zweibäuchige Kiefermuskel (Digastricus maxillae inferioris (*s t* Fig. 133.) nimmt in dieser Hinsicht den ersten Platz ein. Sein Verlauf und sein Bau verleihen ihm die Fähigkeit, vielseitig zu wirken. Er geht von dem Zitzeneinschnitte, mithin von einem festen Stützpunkte, der nur mit der Lage des ganzen Kopfes wechselt, aus, wird später sehnig, verbindet sich hierbei mit dem großen Zungenbeinhorne, verwandelt sich dann wiederum in einen Muskel, seinen sogenannten zweiten Bauch (*s* Fig. 133.), dessen Fasern nicht bloß von jener Mittelsehne, sondern auch zum Theil von der Grundfläche des Zungenbeines entspringen, und heftet sich endlich an das Mittelstück des Unterkiefers unter dem innern Kinnhöcker. Diese Einrichtung gewährt ihm den Vortheil, daß er drei Hebel nach Verschiedenheit der Nebenbedingungen zu beherrschen vermag.

Denken wir uns, der Kopf behaupte eine bestimmte Stellung, während das Zungenbein mittelst eines Theiles seiner übrigen Muskeln befestigt ist, so wird der zweibäuchige Muskel die Kinnlade herabziehen oder mit seiner Kraft der Hebung der Kaumuskeln entgegenarbeiten. Sein sehnigter Theil, der häufig den Griffel-Zungenbeinmuskel durchbohrt und in einem Schleimbeutel dahingleitet, wird so, als wäre er über eine Rolle geleitet (§. 2583.), wirken. Bewahren dagegen der Kopf und der Unterkiefer ihren ein Mal angenommenen Ort, während das Zungenbein nachgiebt, so muß dieses gehoben werden. Der vordere Bauch des Muskels kann hier allein thätig sein und das Zungenbein in seiner Richtung fortführen. Arbeiten dagegen beide Bäuche, so wird die Richtung und die Größe ihrer Verkürzung die Ortsveränderung dem Parallelogramm der Kräfte gemäß bestimmen. Stützt sich endlich das Kinn auf eine feste Unterlage, wie die Hand, ohne daß sich die Bewegung auf das Zungenbein überträgt, so wird der Hinterkopf heruntergehen. Die obere und die untere Kinnlade weichen dann einseitig oder gegenseitig aus einander.

2840 Die inneren Schneidezähne der beiden Kinnladen entfernen sich natürlich um so mehr von einander, je weiter der Mund geöffnet wird. Man kann im Allgemeinen den größten Abstand, der hierbei erreicht zu

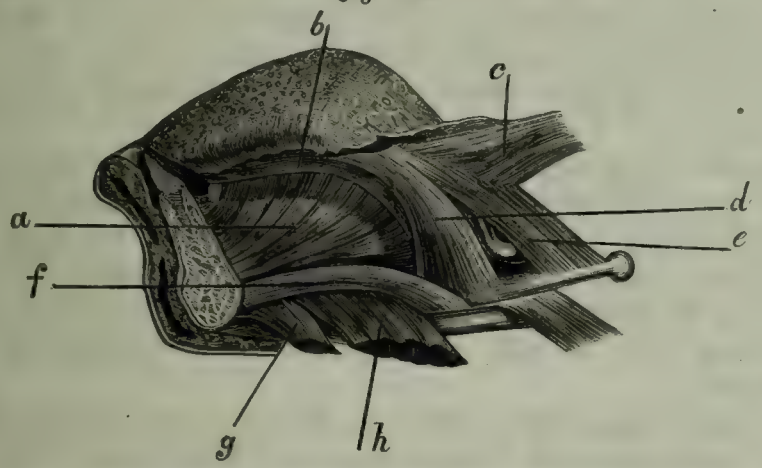
werden vermag, zu 4 bis 5½ Centimeter anschlagen. Die Grenzwerthe, die wir in erwachsenen Männern antreffen, liegen ungefähr zwischen 3 und 6 Centimeter.

Spielte der Gelenkkopf des Unterkiefers in einer halbkugeligen Pfanne, 2841
die er nie verließe, so müßte der Drehpunkt in seine Mitte fallen. Da aber seine Form dieser Bedingung nicht entspricht und da er sogar seine Gelenkgrube bei weiter Oeffnung des Mundes überschreitet, so fällt der unbewegliche Mittelpunkt der ganzen Ortsveränderung tiefer unten außerhalb des Gelenkes und zwar in den Verlauf des senkrechten Astes der Unterkinnlade. Die Unsicherheit, mit der dessen Lage in dem lebenden Menschen angegeben werden kann, macht es aber unmöglich, den Winkel, den beide Kiefer in dem Maximum ihrer Entfernung bilden, genau zu bestimmen. Annähernde Messungen und Berechnungen, die ich in dieser Hinsicht an 4 Männern von 24 bis 43 Jahren anstellte, führten mich zu 18° bis 32°.

Hat man die Gegend des Drehpunktes ungefähr erkannt, so mißt man die geradlinigte Entfernung desselben von dem oberen und inneren Rande des mittleren Schneidezahnes bei geschlossenem Munde, läßt den Mund so weit als möglich öffnen und bestimmt den Abstand des früher an den Zähnen genommenen Endpunktes von dem Theile der oberen Schneidezähne, die ihn vorher berührten. Dieser letztere Werth giebt die Basis eines gleichschenkeligen Dreieckes, dessen Seite die zuerst gefundene Größe darstellt. Band I. Anhang Nr. 48.

Zungenbein und Zunge. — Nur ein kleiner Theil der Mus- 2842
kelfasern der Zunge, der Zungenmuskel (Lingualis) [*b* Fig. 134.] im en-

Fig. 134.

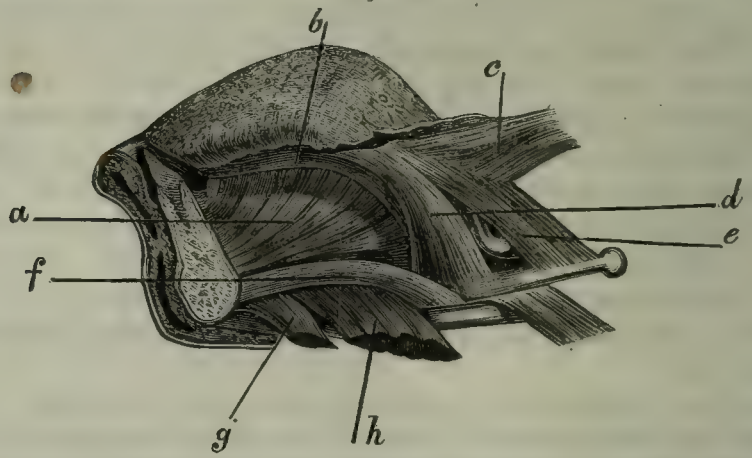


geren Sinne des Wortes, benutzt keine Knochengebilde als Stützpunkte. Die übrigen dagegen gehen von dem Griffelfortsatze, dem Unterkiefer oder dem Zungenbeine aus. Ist das letztere festgestellt, so können die Fasern, die von ihm entspringen und sich nach oben in die Zunge verbreiten, kraftvoll wirken. Wird aber das Zungenbein herabgezogen, so muß auch die Zungenmasse, wenn kein besonderer Widerstand Statt findet, der Bewegung mehr oder minder nachfolgen.

Betrachten wir zunächst das Zungenbein, so steigt es nach vorn und 2843
oben, wenn die Kinnlade verhältnißmäßig festgestellt ist und sich der vor-

dere Bauch des Niederziehers des Unterkiefers (Digastricus maxillae inferioris) [*s t* Fig. 133.], der Kinn-Zungenbeinmuskel (Geniohyoideus) [*f* Fig. 135.] und vorzüglich bei emporgehobenem Kopfe der

Fig. 135.



Kiefer-Zungenbeinmuskel (Mylohyoideus) [*g h* Fig. 135.] zusammenziehen. Der hintere Bauch des Niederziehers des Unterkiefers und der Griffel-Zungenbeinmuskel (Stylohyoideus) [*r* Fig. 133.] führen es in dem gleichen Falle nach hinten und oben, der Brust-Zungenbein- (Sternohyoideus) [*β* Fig. 133.], der Zungenbein-Schildknorpelmuskel (Hyothyreoideus) und mittelbar der Brust-Schildknorpelmuskel (Sternothyreoideus) [*γ* Fig. 133] dagegen nach unten. Es bedarf genauerer Untersuchungen, in welcher Art sich noch hierbei der Schulter-Zungenbeinmuskel (Omohyoideus) [*α* Fig. 133] betheiligt. Es wäre möglich, daß sein oberer Bauch allein zu demselben Zwecke diente.

2844 Folgt die Zunge mit dem Boden der Mundhöhle dem Antriebe, den die oben erwähnten Muskeln geben, so wird es nicht gleichgültig sein, in welcher Richtung der Zug vorzüglich der oberhalb des Zungenbeines gelegenen Muskulatur wirkt. Geht er nach oben und hinten, so wird sich hierdurch die Mundhöhle nach dem Racheneingange hin verengern. Wirkt er weiter nach vorn, so muß sich vorzüglich der Mittelraum der Mundhöhle verkleinern.

2845 Wir haben schon früher (Bd. I. §. 497. und 498.) gesehen, wie die einzelnen Abtheilungen des Zungenmuskels (Lingualis) [*b* Fig. 135.], der Kinn-Zungenmuskel (Genioglossus) [*a* Fig. 135.], der Zungenbein-Zungenmuskel (Hyoglossus) [*d e* Fig. 135.], der Griffel-Zungenmuskel (Styloglossus) [*c* Fig. 135.] und der Quermuskel des Unterkiefers (Mylohyoideus) [*g h* Fig. 135.], die Form und die Lage der Zunge ihrem Faserverlaufe gemäß verändern können. Man hat häufig die Durchschneidung des Kinnzungenmuskels (Genioglossus) [*a* Fig. 135.] zur Heilung des Stotterns empfohlen. Manche Anatomen nehmen an, daß er nicht bloß die Zunge gegen den Boden der Mundhöhle herabführt, sondern auch die Spitze derselben vorstößt; andere da-

gegen schreiben ihm, wie wir gesehen haben (Bd. I. §. 498.), die letztere Wirkung nicht zu. Die Erfahrungen der Wundärzte fielen so widersprechend aus, daß die praktische Seite der Streitfrage wenigstens für jetzt noch nicht erledigt ist.

Muskeln des weichen Gaumens. — Die ihn beherrschenden Mus- 2846
keln liegen größtentheils oder wenigstens mit ihren Ausläufern zwischen den beiden Blättern seiner Schleimhaut verborgen. Die **Zungengaumenmuskeln** (Glossopalatini) beschränken die Rachenenge in den verschiedensten Richtungen, sobald ihre Endpunkte willig nachgeben. Das Gaumensegel nähert sich dann der Zungenwurzel und der rechte vordere Gaumenbogen dem linken. Ist dagegen die Zungenwurzel befestigt, so können sie den weichen Gaumen etwas herabziehen und die Zungenwurzel bei der Umkehrung des Ausgangspunktes in geringem Grade emporheben.

Die Thätigkeit der **Schlundkopf-Gaumenmuskeln** (Pharyngo 2847
palatini) hängt von der Stellung des Schildknorpels, von dessen Hinterrändern die Muskelfasern ausgehen, ab. Befindet er sich in seiner mittleren Lage, so nähern jene die hinteren Gaumenbogen wechselseitig und suchen den weichen Gaumen nach hinten und unten zu ziehen. Ist dagegen der Schildknorpel gehoben, so können sie zugleich das Gaumensegel gegen die hintere Schlundwand hinüberführen.

Der **Zäpfchenmuskel** (Azygos uvulae) verkürzt die Länge des 2848
weichen Gaumens, hebt das Zäpfchen und kann es selbst nach hinten krümmen.

Die größeren **Heber des weichen Gaumens** (Levatores palati 2849
mollis) führen das Gaumensegel in die Höhe und stellen dabei dessen freien Rand nach hinten gegen die gegenüberliegende Wandung des Schlundkopfes. Sie tragen auf diese Weise zu dem Abschlusse der Rachenhöhle von der Nasenhöhle bei, erweitern den Racheneingang und sind noch im Stande, das Gaumensegel in geringem Maaße anzuspannen. Die **kleinen vorderen Gaumenheber** (Levatores palati anteriores) spannen die vordersten Seitentheile des Gaumenvorhanges an. Die Wirkungen des umgeschlagenen **Gaumenmuskels** (Circumflexus palati) sind noch nicht mit Sicherheit erforscht. Manche suchen sie in der queren Anspannung des Gaumensegels[1]).

Die Art, wie diese und andere Muskelgebilde bei dem Schlingen wirken, ist schon Bd. I. §. 512. erläutert worden.

Schlund und Speiseröhre. — Der Schlundkopf besitzt zwei 2850
einander ergänzende Heber, nämlich den **Griffel-Schlundkopfmuskel** (Stylopharyngeus) und den **Trompeten-Schlundkopfmuskel** (Salpingo-pharyngeus). Jener zieht den oberen Theil des Schlundes empor, erweitert ihn in querer Richtung und kann den Kehlkopf nach oben und nach hinten wenden und den Kehldeckel neigen helfen. Dieser dagegen

[1]) Theile, a. a. O. S. 72.

hebt das Stück des oberen Theiles des Schlundes, auf welches der Griffel-Schlundkopfmuskel nicht unmittelbar wirkt.

2851 Die drei Schlundkopfschnürer (Constrictores pharyngis) verengern die ihrer Ausbreitung entsprechenden Stücke der Schlundkopfshöhle. Der obere kann überdieß noch den Pharynx durch Fasern seiner oberen Abtheilung (Pterygopharyngeus) heben und die Mandeln durch sein mittleres Stück (Mylopharyngeus) drücken helfen. Der untere zieht zugleich den Kehlkopf, wenn kein Nebenwiderstand entgegentritt, empor. Das Ueberklappen des Kehldeckels ist den verschiedenen Muskelbündeln, die man unter dem Namen des Umbeugers dieses Theiles (Reflector epiglottidis) umfaßt, übertragen.

Die Thätigkeit der Kehlkopfmuskeln wird in der Lehre von der Stimmbildung angegeben werden.

2852 Wir haben schon früher (§. 2322.) gesehen, wie die Muskulatur der Speiseröhre in ihren verschiedenen Verkürzungsarten thätig ist. Hyrtl beschrieb noch in neuerer Zeit zwei häufig vorkommende äußere Muskelgebilde, die sich an die Speiseröhre anschmiegen. Der Bronchialmuskel der Speiseröhre (M. broncho-oesophageus) kann diese heben und die von dem durchgegangenen Bissen eingedrückte Hinterwand des linken Bronchus hervorziehen. Der Lungenfellmuskel (M. pleuro-oesophageus) dagegen ist im Stande, die Speiseröhre festzuhalten und die Wirkung, die jener erstere Muskel auf den Bronchus ausübt, zu erleichtern.

2853 Die übrigen Halsmuskeln, die sich nicht an die Wirbelsäule anfügen. — Der Hautmuskel des Halses (Platysma-myoides) ist zunächst bestimmt, die Haut des Halses der Länge nach zu bewegen. Einzelne seiner Faserbündel ziehen den Mundwinkel nach unten und außen oder unterstützen wenigstens diese Ortsveränderung. Es bleibt dahin gestellt, ob sich nicht andere bei der Senkung der Unterkinnlade betheiligen.

2854 Findet der Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) [*a b* Fig. 141.] seinen Ausgangspunkt an dem Brustbeine oder dem Schlüsselbeine, so biegt er den Kopf nach der Schulter seiner Seite und dreht ihn zugleich so, daß das Gesicht nach der entgegengesetzten Richtung gewendet wird. Wirken die Muskeln beider Seiten gleichzeitig, so neigen sie den Kopf nach vorn und machen so die Nickbewegung desselben möglich.

Der schiefe Hals (Caput obstipum) entsteht vorzüglich durch die ungleiche Länge der beiden Kopfnicker. Der innere Kopf des Muskels (*a* Fig. 141.), der von dem Brustbeine kommt, soll nach Guérin das Leiden in den meisten Fällen allein bedingen. Es kommt jedoch häufig vor, daß man nicht bloß beide Abtheilungen des Muskels, sondern auch noch die Halsfasern mit ihren Muskelbündeln durchschneiden muß, um zum Ziele zu gelangen.

2855 Stab der Wirbelsäule. — Die Betrachtung der Schwereverhältnisse (Bd. I. §. 84.) zeigte uns schon, wie die Wirbelsäule einen Stützstab bildet, der unten in dem von Füßen säulenartig getragenen Becken eingeklemmt ist, vorn die Brust und den Unterleib, oben an beiden Seiten die Arme und endlich auf seinem höchsten Punkte den Kopf trägt.

Diese Belastungsverhältnisse, welche einen nicht unbedeutenden Grad von Festigkeit voraussetzen, und die beschränkte Beweglichkeit, die dem Ganzen verliehen worden ist, machten die eigenthümliche Form und die besondere Verbindungsweise der Wirbel, die wir schon früher (§. 2548.) kennen gelernt haben, nothwendig.

Während die einzelnen Halswirbel fast die gleiche Höhe besitzen, ver- 2856
größern sich die senkrechten Durchmesser von den Rückenwirbeln bis zu dem letzten Lendenwirbel. Legt man die mittlere Höhe der Halswirbel als Einheit zum Grunde, so erhält man als Durchschnittswerthe eines wohlgebildeten Skelettes 1,47 für die Rücken- und 1,99 für die Lendenwirbel. Da aber nur fünf Lenden-, sieben Hals- und zwölf Rückenwirbel vorhanden sind, so ergiebt sich von selbst, daß sich dann die mittleren Längen der drei Hauptabtheilungen der Wirbelsäule, wenn man wiederum das Halsstück zur Einheit nimmt, wie 1 : 2,5 : 1,4 verhalten müssen.

Die Breite der Wirbel nimmt nicht stetig von oben nach unten zu. 2857
Sie vergrößert sich zwar von dem zweiten bis zu dem letzten Halswirbel, verringert sich aber dann wieder bis zu dem vierten Brustwirbel und wächst endlich wieder bis zu dem Anfange des Kreuzbeines.

Die Größe der Zwischenknorpel entspricht im Allgemeinen dem Grade 2858
der Beweglichkeit, der den einzelnen Stücken der Wirbelsäule verliehen ist. Sie erreichen daher ihren bedeutendsten Werth an den Lendenwirbeln und herrschen noch verhältnißmäßig stärker am Halse, als am Rücken vor. Die mittlere Höhe der Zwischenknorpel beträgt nach Weber[1]) in dem Lendenstücke beinahe ein Drittel der durchschnittlichen Höhe der Wirbelkörper. Diese Zahl sinkt aber ungefähr auf $\frac{1}{5}$ am Halse und auf $\frac{1}{7}$ am Rücken.

Die rückwirkende Festigkeit eines Cylinders, der an dem einen Ende 2859
festgehalten und an dem andern belastet ist, wächst mit dem Biquadrate des Durchmessers und umgekehrt mit dem Quadrate der Länge. Ist dagegen die Säule unten nicht festgehalten, so biegt sich die untere Hälfte eben so stark, wie die obere. Ihre rückwirkende Festigkeit wächst dann um das Vierfache[2]) (§. 2489.). Da nun die Wirbel um so größere Lasten zu tragen haben, je tiefer sie liegen, so giebt dieses einen Fingerzeig, weshalb die untersten Wirbel am Breitesten sind, warum nur unten eine wahre, fast unbewegliche Einklemmung Statt findet und der ganze Stab nicht gerade verläuft, sondern in mehreren entgegengesetzten Krümmungen dahingeht. Band I. Anhang Nr. 28.

Betrachten wir nämlich die Wirbelsäule eines Erwachsenen, so finden 2860
wir, daß sie eine Reihe ungleichartiger Schlangenbiegungen macht. Die Halswirbel treten mit einer mäßigen Convexität nach vorn hervor. Das Bruststück der Wirbelsäule ist stärker nach hinten ausgebogen, während sich wiederum der Lendentheil nach vorn hin windet. Das eingepferchte

[1]) W. und Ed. Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen, 1836. 8. S. 92.

[2]) J. Weißbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. Theil I. Braunschweig, 1845. 8. S. 234.

Kreuzbein endlich erscheint nach hinten conver. Da nun die Wirbelsäule drei abwechselnde Krümmungen oberhalb ihrer Einklemmungsstelle besitzt, so schließt Roulin, daß sie 16 Mal so viel zu tragen im Stande sei, als wenn sie einfach gebogen wäre, weil die Kraft einer federnden Masse mit dem Quadrate der um die Einheit vermehrten Zahl der Biegungen wachse.

2861 Sieht man die Krümmungen der Wirbelsäule der Einfachheit wegen als Kreisstücke an, so unterscheiden sie sich von einander durch die Größen ihrer Halbmesser und ihrer Winkel. Versucht man beide zu bestimmen, so erhält man:

Anhang Nr. 119.

	Krümmungsbogen des			
	ersten bis sieben-ten Halswir-bels.	ersten bis zwölf-ten Brustwir-bels.	ersten bis fünf-ten Lendenwir-bels.	Heilig- und Schwanzbeines.
Halbmesser	13,86 Cent.	24,17 Cent.	33,34 Cent.	7,18 Cent.
Winkel	47° 52′.	67° 20′.	30° 4′.	129° 40′.

2862 Läßt man das unterste, zum Theil eingeklemmte Stück der Wirbelsäule bei Seite, so nehmen mithin die Werthe der Krümmungshalbmesser nach abwärts hin zu. Die Größe der Winkel dagegen, welche für die einzelnen Radien gelten, erreicht ihre bedeutendste Höhe in dem Brusttheile.

2863 Berechnet man die Länge, welche jedem der Krümmungsbogen zukommt, so findet sich, daß sie für das Brustst ück beinahe 2½, für die Lendenabtheilung 1½ und für die Heiligbeinparthie 1⅘ Mal so groß, als für die Halswirbelsäule ausfällt.

Anhang Nr. 119.

2864 Hält man sich an die Schätzungen der Größenverhältnisse der Zwischenwirbelknorpel, wie sie Weber[1]) angenommen, so ergiebt sich, daß sich die Lendenabtheilung der Wirbelsäule, wenn sie für sich belastet würde, eben so sehr, als das Rückenstück, dagegen nur um ⅓ des Werthes, den die Halsabtheilung gestattet, krümmen könnte.

Anhang Nr. 120.

2865 Die Wirbelkörper und die Zwischenwirbelknorpel besitzen einen größeren Grad von Beweglichkeit, als die Wirbelsäule im Ganzen. Die Entfernung der Bogenstücke mit ihren Fortsätzen kann uns hiervon bald überzeugen. Die waagerechteren Dornen der Hals- und der Lendenwirbel beschränken weniger die Krümmungen von vorn nach hinten, als die dachziegelförmigen der Rückenwirbel. Diese können sich verhältnißmäßig eher in waagerechter Richtung drehen, — eine Ortsveränderung, die den Lendenwirbeln fast gänzlich mangelt. Die Halswirbel sind daher im Ganzen in hohem Grade begünstigt.

2866 Biegt man die Wirbelsäule der Leiche kraftvoll nach hinten, so giebt es nach E. H. Weber drei Stellen, die leichter nachgeben und gewisser-

[1]) W. und Ed. Weber, a. a. O. S. 95.

maaßen einknicken. Es sind dieses die Gegenden der unteren Halswirbel, des elften Brust- bis zu dem zweiten Lendenwirbel und des vierten Lendenwirbels bis zu dem Kreuzbeine. Hyrtl[1]) bemerkt, daß das Gleiche an lebenden Menschen, z. B. bei dem Turnen, wahrgenommen werden könne.

Lastet ein bedeutender Druck auf einem Stücke der todten Wirbel- 2867
säule, so werden die Zwischenwirbelknorpel dünner. Sie treten vor den Rändern der Wirbelkörper stärker hervor. Geben sie auch im Leben weniger nach, so kehrt doch im Ganzen das gleiche Grundverhältniß wieder. Der Mensch ist deshalb Abends vor dem Schlafengehen kleiner, als des Morgens bei dem Aufstehen. Der Unterschied fällt fast nie unmittelbar in die Augen. Man kann ihn aber zu $^1/_{100}$ der Körperlänge für erwachsene kräftige Männer anschlagen.

Die Krankheitslehre unterscheidet drei Hauptarten regelwidriger Verkrümmungen der Wirbelsäule, die Kyphosen, die Lordosen und die Skoliosen. Der Höcker, den die Biegung erzeugt, ist in dem ersteren Falle nach hinten, in dem zweiten nach vorn und in dem dritten nach rechts oder links gerichtet. Ergiebt es sich aber schon aus der Natur der Sache, daß sich die Kyphosen oder die Lordosen mit Skoliosen einer und derselben Stelle verbinden können, so fordern es häufig die mechanischen Verhältnisse, daß sich die verschiedenartigsten Krümmungen längs des Verlaufes der Wirbelsäule ablösen.

Der größte Theil der krankhaften Biegungen, welche die Richtung von vorn nach hinten ändern, setzt gewissermaaßen die regelrechten Krümmungsarten fort. Man stößt daher meist am Rücken auf Kyphosen, an dem Halse und den Lenden dagegen auf Lordosen.

Die angeborenen Verbiegungen der Wirbelsäule können nach Rokitansky[2]) dadurch entstehen, daß sich die Wirbel in ungleichem Grade ausbilden oder daß sich sogar in seltenen Fällen regelwidrige, accessorische halbe Wirbelstücke einschieben. Entstand dagegen das Uebel, wie gewöhnlich, im Kindesalter oder noch später, so findet man in der Regel, daß einzelne Wirbel eine ungleiche Dicke an ihren verschiedenen Punkten besitzen. Die Seite z. B., die nach der ausgehöhlten Fläche der Krümmung sieht, hat eine geringere Höhe. Greift die Verbiegung sehr tief durch, so bildet die Mitte des Wirbelkörpers eine starke Einsenkung oder Furche, während sich der obere oder untere Rand schroffer erhebt oder leistenartig vorspringt. Diese Formabweichung fehlt dagegen an der gegenüberstehenden Seite. Das Mittelstück und die Endtheile beschreiben hier eher eine Biegungsebene. Die Zwischenwirbelknorpel sind an der concaven Seite niedriger und an der converen höher. Sie können selbst dort schwinden und eine unmittelbare Verwachsung der Wirbelkörper möglich machen. Die Wirbelbogen verlieren, diesem entsprechend, ihre symmetrische Stellung und verschieben sich in stärkerem oder geringerem Maaße.

Die einzelnen Fortsätze folgen der regelwidrigen Ortsveränderung. Ist die Krümmung sehr stark, so werden die Querfortsätze an der Seite der Aushöhlung in hohem Grade beengt. Sie sind daher hier kleiner, kürzer und gebogener, als an der entgegengesetzten Seite, bilden nicht selten eigenthümliche Krümmungen, erscheinen rauh und zackig und verbinden sich oft durch einzelne Knochenbrücken oder durch ausgedehntere knöcherne Verwachsungen. Ihre Gelenke verschieben sich, stehen nicht selten waagerechter oder gehen völlig zu Grunde. Die convere Seite der Krümmung kann dann gerade die entgegengesetzten Verhältnisse darbieten. Die Bogenhälften und die Querfortsätze treten weiter aus einander und werden bisweilen unebener. Die Dornfortsätze verschieben sich und zwar meist nach der converen Seite. Das untere Ende von manchen spitzt sich zu, läuft in einen gegen den Wirbelbogen gerichteten Haken aus oder krümmt sich sonst auf regelwidrige Weise.

Außergewöhnliche Knochenablagerungen begleiten noch häufig diese krankhaften Ver-

[1]) J. Hyrtl, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Prag, 1846. 8. S. 226.
[2]) C. Rokitansky, Handbuch der pathologischen Anatomie. Bd. II. 1842. 8. Seite 262 — 68.

änderungen. Einzelne Stücke der Zwischenwirbelknorpel verknöchern und drängen sich leistenartig hervor. Ganze Strecken der Wirbelknochen und selbst der Rippen sind von neuen Knochenabsätzen, wie von geschmolzenen Massen umflossen.

Die Wirbelkörper biegen sich nicht bloß bei starken Verkrümmungen nach vorn, nach hinten oder nach der einen Seite, sondern drehen sich auch mehr oder minder um ihre Achse. Es ereignet sich häufig, daß sich eine Reihe entgegengesetzter Krümmungen auf die Wirbelsäule vertheilt. Eine Lordose der Lendenwirbel folgt z. B. auf eine Kyphose des Rückens. Eine seitliche Verkrümmung von diesem sieht nach rechts und eine solche von jenen nach links. Die ganze Wirbelsäule sehr verkrüppelter Menschen gewinnt auf diese Art die Gestalt einer Schlangenlinie. Es krümmten sich z. B. in einem solchen Falle die Halswirbel nach rechts, die vier ersten Rückenwirbel nach links, die folgenden vier nach rechts, die letzten vier Rücken- und der erste Lendenwirbel nach links und die übrigen Lendenwirbel wiederum nach rechts. Die wahrscheinlich zuerst entstandenen Rückenkrümmungen herrschten hierbei in höherem Grade, als die Verbiegungen des Hals- und des Lendentheiles vor.

Fällt die Sehne eines Krümmungsbogens mit der Längenachse der Wirbelsäule zusammen, so wird die Biegung nur den Abstand des Kopfes von dem Becken verkleinern, nicht aber eine seitliche Neigung mit sich führen oder die oberen Körpertheile nach vorn oder hinten verrücken. Kreuzt dagegen jene Sehne die Längenachse unter einem bestimmten Winkel, so daß beide Endpunkte oder wenigstens einer außerhalb dieser fallen, so muß sich eine schiefe Stellung mit der Längenverkürzung verbinden. Eine schräge Haltung des Kopfes begleitet auf diese Weise viele beschränkte oder ausgedehnte Verkrümmungen. Denken wir uns aber, es folge eine zweite Biegung, deren Sehne zwar ebenfalls die Längenachse durchschneidet, die aber mit ihrem unteren Endpunkte die Längenachse berührt, so wird hierdurch die seitliche Neigung aufgehoben werden. Die neue Ergänzungsbiegung beseitigt zwar den früheren Uebelstand, sie vermindert aber noch mehr den Abstand des Kopfes von dem Becken.

Diese compensirenden Krümmungen können nicht bloß ungleiche Winkel, sondern auch ungleiche Krümmungshalbmesser besitzen. Sie erreichen auch oft nicht ihr Endziel vollständig, sondern nähern sich ihm nur, indem die jetzt vorhandene Längenachse um wenige Grade von der vollkommen normalen abweicht.

Die trockene Wirbelsäule eines Erwachsenen hatte z. B. eine nach links ausgehöhlte Biegung, die von dem ersten bis zu dem zehnten Rückenwirbel reichte. Die entgegengesetzt gerichtete Ergänzungskrümmung umfaßte die beiden letzten Rücken- und die vier ersten Lendenwirbel. Jede auffallende Achsendrehung mangelte. Obgleich die Neigung der Achse wenig in die Augen fiel, so ergab doch die unmittelbare Messung eine Abweichung von 2° bis 3°. Die Berechnung der Krümmungsbogen, die auf einen mittleren Halb-
Anhang Nr. 121. messer zurückgeführt wurde, lieferte hierbei 2°33′.

Die Wirbelsäule des sehr verkrümmten Skelettes eines alten Mannes war in der oben erwähnten Weise schlangenförmig gebogen. Der Kopf neigte sich bedeutend nach links. Die Wirbel hatten sich zugleich um ihre Achse gedreht. Berechnete man die Werthe der untersten Rückenkrümmung und der ergänzenden nachfolgenden Lendenbiegung,
Anhang Nr. 121. wie in dem vorigen Falle, für gleiche mittlere Halbmesser, so ergaben sich 14°19′ für die seitliche Abweichung. Führte man dagegen die Lendenkrümmung auf die unterste Rückenkrümmung zurück, so fand man 12°58′. Die unmittelbare Messung lieferte 12¼ bis 12½°.

2868 **Atlas und Epistropheus.** — Das oberste Ende der Wirbelsäule, auf dem der Kopf ruht, besitzt eine eigenthümliche Einrichtung, mittelst der die mannigfachen Hauptbewegungen auf verschiedene Stücke vertheilt werden. Die Gelenkverbindung zwischen den Condylen des Hinterhauptes und dem ersten Halswirbel übernimmt die Beugung des Kopfes nach vorn und die Streckung nach hinten. Der Zapfen dagegen, den der Zahnfortsatz des zweiten Halswirbels bildet, macht es möglich, daß sich der Kopf und der Atlas von einer Seite zur anderen wenden (§. 2557.).

2869 Die Gelenkkapseln, die sich zwischen den Condylen des Hinterhauptes

und dem Atlas hinziehen, geben vorn und hinten eher, als an den Seiten nach. Das starke Querband und das Kreuzband des ersten Halswirbels hält den Zahnfortsatz des zweiten in der Nähe des Atlaskörpers zurück. Es schafft so gleichsam eine für ihn ausschließlich bestimmte Höhle. Das Aufhängeband und die Flügelbänder, die den Zahnfortsatz mit dem Hinterhaupte verbinden, hindern es, daß er nicht aus dem ihm angewiesenen Raume herausschlüpft. Die Gelenkkapseln, die den Atlas mit dem Epistropheus beweglich vereinigen, sind verhältnißmäßig schlaff, um kein Hinderniß dem drehenden Zapfenspiele des Zahnes des zweiten Wirbels in den Weg zu legen.

Es läßt sich am Lebenden schwer bestimmen, um welchen Bogen der 2870
Kopf mittelst der Gelenkverbindung des Hinterhauptes gebeugt zu werden vermag, weil sich Krümmungen der Halswirbelsäule zu jedem Bemühen, die größten Werthe zu erreichen, gesellen. Prüfte ich die Erscheinungen in der Leiche eines erwachsenen Mannes, so fand ich, daß die Bewegung in den Condylen des Hinterhauptes von vorn nach hinten fast genau einen Winkel von 45° lieferte. Die seitliche Wendung glich im Ganzen beinahe 90°, so daß 45° auf jede Hälfte kommen würden. Die größeren Werthe, die in beiderlei Beziehungen der angeführten Gründe wegen im Leben auftreten, werden uns später beschäftigen. Anhang Nr. 122.

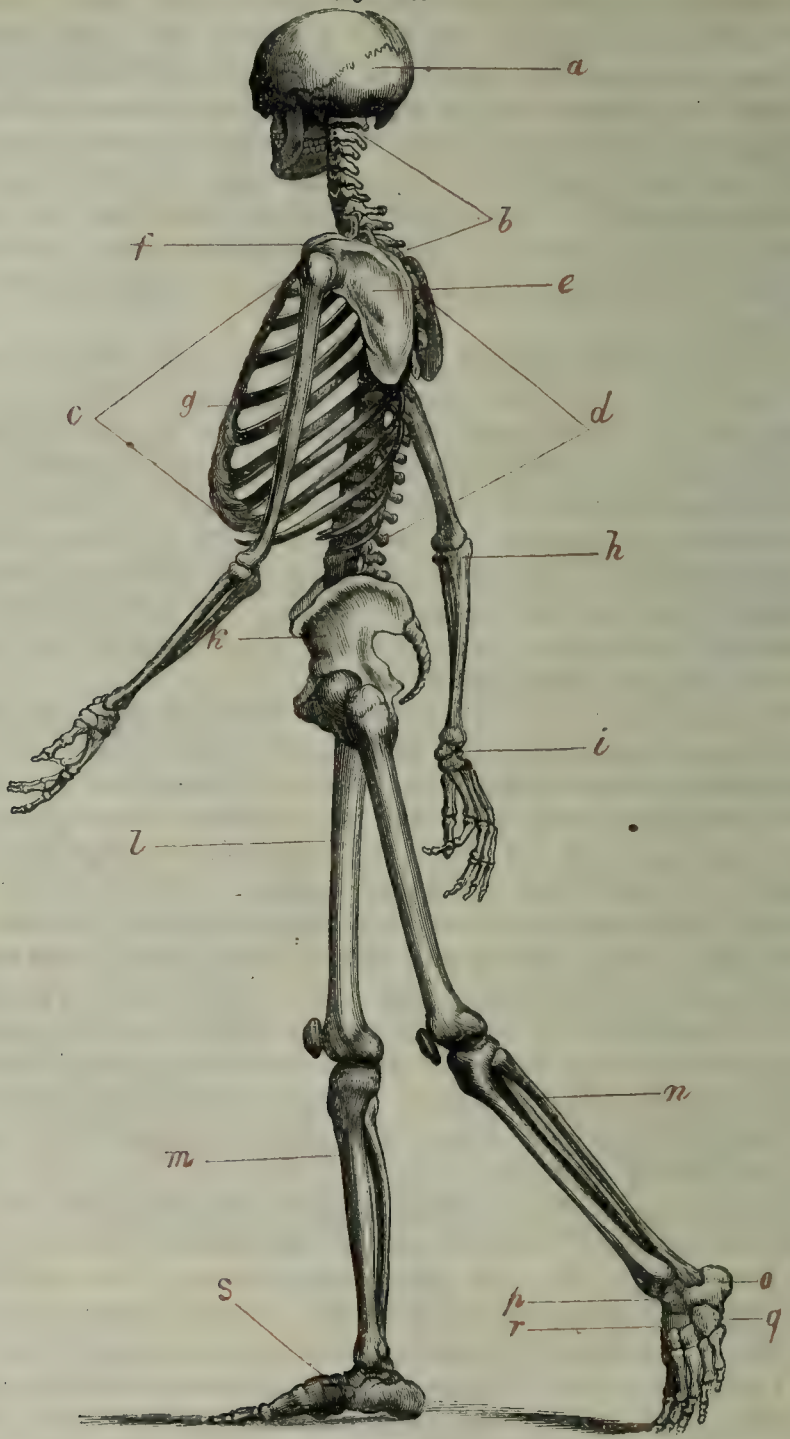
Muskeln der Wirbelsäule. — Schneidet man den Kopf über 2871
dem Atlas los und stellt man ihn mit seinen Gelenkflächen des Hinterhauptes auf der oberen Ebene eines dünnen Cylinders auf, so kann man es so weit bringen, daß er sich auf seiner schmalen Unterlage im Gleichgewicht hält und nur mit seinen verhältnißmäßig kleinen Gelenkflächen balancirt. Er steht dann vollkommen aufrecht. Das Gesicht ist geradeaus und in kaum merklicher Weise nach oben gerichtet [1]). Es giebt mithin eine Stellung, in der sich der Kopf ohne weitere Nebenhilfe auf dem obersten Endpunkte der Wirbelsäule halten kann. Die Betrachtung des Fig. 136. S. 284. abgebildeten Skelettes muß uns aber bald zu der Ueberzeugung führen, daß diese günstige Lage ihre enggezogenen Grenzen hat. Verrückt sich der Kopf nur in geringem Maaße, so wird sein ohnedieß hoher Schwerpunkt vor die Wirbelsäule fallen. Die schwere kugelige Masse muß dann nach vorn überschlagen (Bd. I. §. 235.).

Sollen die hierdurch bedingten Uebelstände ausbleiben, so müssen 2872
Kräfte, die von der Wirbelsäule aus an dem Hinterhaupte, in der Richtung von *b* nach *a* Fig. 136. ziehen, entgegenwirken. Es erklärt sich daher, weshalb die Natur unverhältnißmäßig stärkere Muskelmassen am Nacken, als an der Vorderseite der Halswirbelsäule angebracht hat.

Die Brust, *c* Fig. 136., und der Unterleib bilden gleichsam Gewichte, 2873
die vorn an der Rücken- und Lendenwirbelsäule arbeiten. Da aber auch hier der bewegliche Wirbelstab die nöthigen Gegenkräfte nicht besitzt, so mußten wiederum besondere Rückenmuskeln, die hinter *d* arbeiten, den unerläßlichen Widerstand übernehmen. Wir werden später finden, daß diese

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 97.

Fig. 136.



Einrichtung um so nothwendiger war, als sich manche Muskeln, welche die Wirbelsäule unter gewissen Bedingungen zu biegen suchen, günstiger Hebelverhältnisse erfreuen.

2874 So ungleichartig auch die Massen vor und hinter der Wirbelsäule vertheilt sind, so symmetrisch verhalten sich die beiden Seitenhälften der-

selben. Die Dornfortsätze der Wirbel bezeichnen ungefähr die Mittellinie.

Fig. 137.

Denken wir uns z. B. eine senkrechte Ebene gerade durch die Mitte des Dornes *c* des Fig. 137. abgebildeten Halswirbels gelegt, so wird sie den Kanal des Rückenmarkes *b* und den Wirbelkörper in zwei gleiche Hälften trennen. Der Querfortsatz (bei *d*), die schiefen Fortsätze *e* und *f* und die übrigen Unebenheiten wiederholen sich zweimal in gleichem Maaße. Dasselbe kehrt für den Schädel (*a* Fig. 136.), den Brustkorb (*c*), die Schulterblätter (*e*), die Oberarme (*g*) und das Becken (*k*) wieder. Sollten keine Gleichgewichtsstörungen nachtheilig wirken, so mußten sich hier dieselben Muskeln an den beiden Seiten wiederholen. Die Symmetrie war aber nicht in dem Grade gefodert, daß nicht auch untergeordnete Verschiedenheiten möglich geblieben wären.

Arbeiten die beiden seitlich symmetrischen Gruppen der Rückenmuskeln 2875
gleichseitig und mit derselben Kraft, so kann ihre Thätigkeit nur die Richtung von hinten nach vorn und umgekehrt ändern. Ziehen sie sich dagegen in ungleichem Maaße zusammen, so werden seitliche Neigungen oder Drehbewegungen nach Verschiedenheit der Verhältnisse zu Stande kommen.

Die Anatomie theilt die verschiedenen Rückenmuskeln in vier Schichten. Diese Trennung hat viel Künstliches an sich. Ihre scharfe Durchführung wird noch dadurch erschwert, daß man in dieser Hinsicht die mannigfachsten Abweichungen in den einzelnen menschlichen Leichen vorfindet. Die Natur stellt vielmehr hier die Muskelmassen nach drei verschiedenen Grundlagen her.

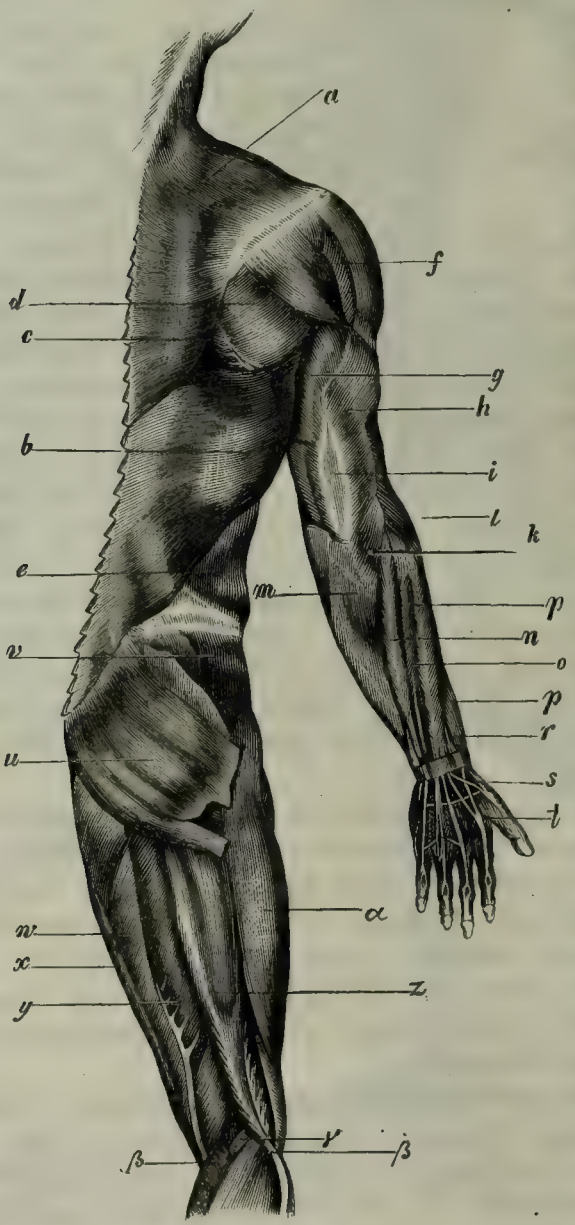
Sie verbindet manche nicht weit entfernte Punkte der beweglichen Stücke der Wirbelsäule durch kurze Muskeln, die oft verhältnißmäßig dick sind. Sie gewinnt so bedeutende Kräfte, beschränkt aber die Ausdehnung und die Mannigfaltigkeit der Wirkung, so wie die Größe der Verkürzung. Die Nebenumstände bedingen es von selbst, daß hieraus kein Nachtheil hervorgeht. Die geraden und schiefen Kopfmuskeln, die kurzen Muskeln, die sich zwischen den Querfortsätzen oder den Dornfortsätzen hinziehen, gehören in diese erste Abtheilung.

Die Hauptorte, an die sich die Verkürzungsmassen anhängen, kehren von Wirbel zu Wirbel wieder. Greift die Trennung vollständig durch, so werden sich die Zahlen der beiderseitigen Angriffspunkte und der Muskelstücke selbst gleichförmig wiederholen. Die Muskeln, die zwischen den Dorn- oder den Querfortsätzen liegen (Fig. 140. S. 288. *q r*), gehorchen z. B. dieser Norm am Pünktlichsten. Denken wir uns aber, eine Reihe solcher

Verkürzungsgebilde verschmilzt gegenseitig im Anfange oder in der Folge, so haben wir einen längeren und dickeren Muskel, der eine größere Summe von Wirbelstücken auf ein Mal beherrscht. Der vielgespaltene Rückgrathmuskel (*p* Fig. 140.), der lange Rückgrathmuskel (*q* Fig. 139., *i* Fig. 140.), die Dorn- und Halbdornmuskeln können uns diese Verhältnisse vergegenwärtigen. Die künstlichen Trennungen und die Abweichungen finden hier den günstigsten Mutterboden.

Die dritte Art von Rückenmuskeln endlich, zu denen die Bauschmuskeln (*d* Fig. 139.), der Kappenmuskel (*a* Fig. 138.), der breite Rückenmuskel (*b* Fig. 138.) und ein Theil der Muskeln des Schulterblattes und der Rippen gerechnet werden müssen, steht zwar ebenfalls mit einer Menge gleichartiger Wirbelstücke in Verbindung. Sie zeichnen sich aber dadurch aus, daß sie nicht dicke keulenartige Massen, sondern breite und verhältnißmäßig dünne Muskeldecken bilden. Die Natur füllt gleichsam die Furchen, welche die Wirbelsäule zu den beiden Seiten übrig läßt, mit den beiden ersten Abtheilungen von Muskeln und umgießt dann das Ganze, wo es nöthig wird, mit dieser dritten Klasse, um eine größere Ründung der Form und eine bedeutendere Mannigfaltigkeit der Wirkung zu erreichen.

Fig. 138.



2876 Die Bauschmuskeln des Kopfes und des Halses (Splenii capitis et colli) (*d* Fig. 139. S. 287.), die zweibauchigen Nackenmuskeln (Biventres cervicis), die durchflochtenen Muskeln (Complexi) (*e n* Fig. 139., *d* Fig. 140.), die oberen

und unteren schiefen Kopfmuskeln (Obliqui capitis superiores et inferiores) (*a* Fig. 140.), die hinteren größeren und kleineren

Fig. 139.

geraden Kopfmuskeln (Recti capitis posteriores majores und minores) (*b c* Fig. 140.) strecken den Kopf nach hinten, wenn sie auf beiden Seiten mit denselben Kräften wirken. Es bleibt dagegen sehr zweifelhaft, ob die Kappenmuskeln (Cucullares s. Trapezii) (*z* Fig. 133., *a* Fig. 138., *c* Fig. 141.) diesen Einfluß auszuüben vermögen. Die Nacken-Warzenmuskeln (Trachelomastoideus s. Complexus parvus) (*n* Fig. 139., *e* Fig. 140.) können den durchflochtenen Muskel unterstützen.

Verkürzen sich diese Muskeln einseitig, so verrücken sie die Querachse 2877
des Kopfes. Die Bauschmuskeln, die durchflochtenen Muskeln, die schiefen und die hinteren geraden Kopfmuskeln pflegen hierbei den Schädel zu drehen. Der Nackenwarzenmuskel und der seitliche gerade Kopfmus-

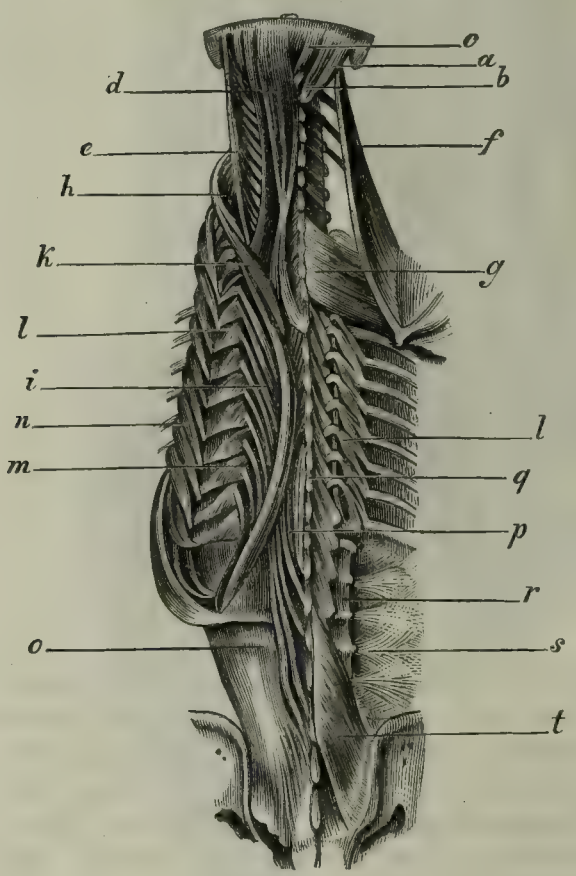
kel (Rectus capitis lateralis) suchen den Kopf seitlich herabzuziehen. Es versteht sich aber von selbst, daß sich diese Neigung mit der Drehung verbinden kann, ja mit ihr häufig vereinigen muß.

2878 Der Bauschmuskel des Kopfes, der Nackenwarzenmuskel, der untere schiefe Kopfmuskel der einen und der Kopfnicker der entgegengesetzten Seite leiten nach Krause [1]) die Zapfenwendung des Körpers des ersten und des Zahnfortsatzes des zweiten Halswirbels.

Da der menschliche Kopf auf der Wirbelsäule unter gewissen Bedingungen zu balanciren vermag und seiner Stellung gemäß nicht so sehr, als in den Säugethieren überwuchtet, so ist auch sein Nackenband nur schwach ausgebildet. Die freien Stellen desselben werden zu Ausgangspunkten einzelner Muskelbündel, wie des Kappenmuskels, des Bauschmuskels des Halses benutzt.

2879 Nimmt man die Bauschmuskeln aus, so gehören die vorzüglichsten Strecker der Wirbelsäule den beiden tiefsten Schichten der Rückenmuskeln an. Viele Schriftsteller nehmen einen gemeinschaftlichen Rückgratsstrecker (Opistothenar s. Extensor communis dorsi) (*r* Fig. 139., *o* Fig. 140.) nach Sömmering's Vorgange an. Sie begreifen unter dieser Benennung den langen Rückenmuskel (Longissimus dorsi) (*q* Fig. 139.) und den Heiligbein-Lendenmuskel (Sacrolumbaris s. Lumbocostalis oder richtiger Iliocostalis [2]) (*p p* Fig. 139.). Andere schreiben dieselbe Wirkung der Gruppe der Heiligbein-Wirbelmuskeln (Sacrospinales), zu denen sie die langen Rücken-, die sogenannten Heiligbein-Lenden-, die aufsteigenden (*k* Fig. 140.) und die queren Nackenmuskeln (*h* Fig. 140.) rechnen, zu [3]).

Fig. 140.



Die Streckung der Wirbelsäule kann eine größere Reihe von Muskelmassen auf ein Mal in Anspruch nehmen. Hierher gehören die Zwischendornmuskeln (Interspinales) (*q*

[1]) C. F. Th. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Aufl. Bd. I. Hannover, 1841. 8. S. 461.
[2]) Theile, a. a. O. S. 144.
[3]) Krause, a. a. O. S. 462.

Fig. 140.), die Muskeln, die zwischen den Querfortsätzen liegen (Intertransversarii), die vielgetheilten Rückenmuskeln (Multifidi spinae) (*p* Fig. 140.), so wie oben die Dorn- und die Halbdornmuskeln des Halses (Spinales und Semispinales cervicis), die absteigenden Nackenmuskeln (Cervicales descendentes) (*k* Fig. 140.), die queren Nackenmuskeln (Transversi cervicis) (*h* Fig. 140.) und die Bauschmuskeln des Halses (Splenii colli) (*d* Fig. 139.) und in der Mitte und unten die Rückendreher (Rotatores dorsi), die Halbdornmuskeln des Rückgrathes (Semispinales dorsi), die langen Rückenmuskeln (Longissimi dorsi) (*q* Fig. 139. *i* Fig. 140.) und zum Theil die Hüftbeinrippenmuskeln (Iliocostales s. Sacrolumbares) (*p p* Fig. 139. *n* Fig. 140.).

Wirken diese Strecker mit bedeutender Kraft, so können sie vorzüglich die 2880
nach hinten gerichteten Aushöhlungen der Hals- und der Lendenwirbelsäule vergrößern. Arbeiten sie dagegen einseitig, so beugen oder drehen sie den Stab der Wirbel. Diese letztere Thätigkeit fällt fast gänzlich in denjenigen Muskeln, die, wie die Zwischendornmuskeln und zum Theil die Dornmuskeln, nahe an der Mittellinie verlaufen, hinweg. Die Muskeln zwischen den Querfortsätzen (*r* Fig. 140.), die absteigenden Nackenmuskeln (*k* Fig. 140.), die queren Muskeln des Nackens (*h* Fig. 140.), die langen Rückenmuskeln (*i* Fig. 140.) und zum Theil die Heiligbein-Lendenmuskeln (*o* Fig. 140.) stehen vorzüglich der Seitenneigung, die vielgetheilten Rückenmuskeln (*p* Fig. 140.), die Rückendreher, die Halbdornmuskeln des Halses und des Rückens, die durchflochtenen (*d e* Fig. 140.) und die Bauschmuskeln des Halses der Drehung, wie sie bei einseitiger Wirkung zu Stande kommt, vor.

Dreierlei Ursachen, organische Zerstörungen, anhaltende regelwidrige Stellungen und krampfhafte Muskelverkürzungen können die Gleichgewichtsverhältnisse der Wirbelsäule und der zu ihr gehörenden Weichgebilde stören. Geht ein Theil der Masse durch Eiterung oder auf anderem Wege verloren, so leidet hierunter immer die normale Stellung. Ersetzt sich auch der Verlust später, so kehrt doch die regelrechte Form nie in ihrer ganzen Vollkommenheit wieder.

Wird die eine Schulter durch eine in der Achselhöhle befindliche Stütze übermäßig emporgehoben, steht das Becken schief, fodert eine Arbeit eine anhaltende einseitig geneigte Stellung des Oberkörpers, so gewöhnt sich der Mensch leicht, die schiefe Haltung zu bewahren. Rückgrathsverkrümmungen können bei günstiger Anlage hinzutreten. Personen, die an einer Krücke gehen, Hinkende, die selbst eine solche Nebenhilfe nicht nöthig haben, Männer, welche anhaltend schreiben und Frauen, die den ganzen Tag nähen, liefern hierfür die häufigsten Beispiele. Der Vorzug, den die rechte Hand in den meisten Menschen genießt, wirkt oft schon in ähnlicher Weise auf die Wirbelsäule, so daß sie sich nicht selten nach links ausschweift. Vierfüßer, die aufrecht gehen gelernt haben, besitzen bisweilen Ausbuchtungen der Wirbelsäule, die sonst nicht zur Regel gehören.

Der Rücken von Frauen krümmt sich im Allgemeinen leichter durch einseitige Arbeiten, als der der Männer. Der zartere Bau der Theile und die etwas größere seitliche Beweglichkeit der weiblichen Rückenwirbel bedingen wahrscheinlich vorzugsweise diese bedeutendere Neigung zu regelwidrigen Lagenveränderungen.

Biegen sich einzelne Stücke der Wirbelsäule in krankhafter Weise, so wird sich auch die Länge der Muskeln, welche verschiedene Punkte der mannigfachen Wirbel verbinden, ändern. Sie vergrößert sich an den Rückenmuskeln, wenn sich die Convexität nach hinten zu, wie in den reinen Kyphosen verstärkt. Gesellt sich eine Achsendrehung der Wirbel hinzu, so kann der Größenwechsel an beiden Seiten ungleich ausfallen. Eine Lordose wird umgekehrt die Abstände und die wahre Länge oder den Grad der Spannung ver-

kleinern. Die Skoliosen können endlich entgegengesetzte Wirkungen in den beiden paarigen Stücken der Muskulatur, zu große Kürze an den ausgehöhlten und zu bedeutende Länge an den erhabenen Seiten herbeiführen.

Es ergiebt sich hieraus, daß die Lordosen und die Skoliosen am Leichtesten aus selbstständigen Muskelverkürzungen hervorgehen werden. Haben Knochenfraß oder andere Störungen Massentheile der Wirbel aufgezehrt, so können auch z. B. am Halse die Muskeln, die vorn liegen, der kyphotischen Verkrümmung wegen ungewöhnlich verkürzt sein.

Die Sehnenbinden unterliegen nicht selten ähnlichen Veränderungen. Die Lendenrückenaponeurose (Fascia lumbodorsalis) (bei o Fig. 140.), welche die dritte und die vierte Schicht der Rückenmuskeln abschließt, liefert hierfür die häufigsten Belege.

Es läßt sich oft schwer entscheiden, inwiefern sich die Muskeln allein bei einer Verkrümmung betheiligen oder nicht. Stromeyer [1]) hat eine Form der Lordose der Lendenwirbel beschrieben, die nach ihm von einer krankhaften Verkürzung der langen Rückenmuskeln und der Heiligbein-Lendenmuskeln (Longissimi dorsi und Sacrolumbares) (*p q r* Fig. 139., *i o* Fig. 140.) oder einem zu geringen Widerstande des Lendenmuskels (Psoas) herrührt. Die Gegend der Lendenwirbelsäule höhlt sich dann übermäßig aus. Der Mensch wird um mehrere Zoll kleiner, als er früher war; er erhält einen unsicheren und wackelnden Gang. Leidet nur die eine Seitenhälfte, so stellt sich das Becken schief. Der Schenkel der kranken Seite ist vorzüglich in aufrechter, weniger dagegen in liegender Stellung verkürzt. Ein künstlicher Zug gleicht aber den Längenunterschied mit Leichtigkeit aus. Hört diese äußere Einwirkung auf, so kehrt das frühere Mißverhältniß von selbst wieder.

Stromeyer [2]) entwickelte eine Reihe eigenthümlicher Ansichten über die krankhaften Muskelverkürzungen, welche Skoliosen herbeiführen. Es werden hiernach weniger die tieferen massigeren, als die oberflächlichen breiteren Muskeln, deren Hilfe die kräftigen Athembewegungen unterstützt, berücksichtigt. Stromeyer glaubte nämlich in Abrede stellen zu müssen, daß die zwischen den Querfortsätzen gelegenen Muskeln, die vielgetheilten, die Dorn- und die Halbdornmuskeln des Rückens eine nur beschränkte Entstellung herbeiführen. Die Verkrümmung würde sich sonst einseitiger ausdehnen, als dieses in der Wirklichkeit der Fall ist, oder es könnten sich nur einzelne Muskelköpfe verkürzen, wozu kein rechter Grund vorliegt. Die fortgesetzte chirurgische Erfahrung muß aber lehren, ob diese Gründe bindend sind oder nicht.

Der Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) (*a b* Fig. 141.), der Kappenmuskel (Cucullaris (*z* Fig. 133., *a* Fig. 138., *c* Fig. 141.), der Schulterheber (Levator anguli scapulae) (*f* Fig. 139.) und der Rautenmuskel (Rhomboideus) (*h* Fig. 139.) betheiligen sich vorzüglich nach Stromeyer bei den schiefen Stellungen des Kopfes und des Halses. Die Rippenhalter (Scaleni) (*w* Fig. 133.) und vorzüglich der große Sägenmuskel (Serratus magnus) (*β* Fig. 141.), der als Gegenfüßler des Zwerchfelles wirkt und die Rippen nach hinten, oben und außen zieht, führen nach ihm die Skoliosen herbei. Ist der zuletzt genannte Muskel an einer Seite gelähmt, so gewinnt der der anderen Seitenhälfte das Uebergewicht. Während der Brustkasten der leidenden Hälfte einfällt und von der Achselhöhle aus nach abwärts hohl wird, bewegen sich die Rippen der anderen Seite nach oben und außen. Das seitliche Gleichgewicht der Wirbelsäule wird schon hierdurch gestört. Die Kappenmuskeln können aber ebenfalls nicht ihre volle Wirksamkeit entfalten. Der der kranken Seite wird in seiner Thätigkeit beschränkt, weil das Schulterblatt weniger befestigt ist. Der der entgegengesetzten Hälfte arbeitet dafür an den Dornfortsätzen und dreht die Wirbel um ihre Achse. Die viereckigen Lendenmuskeln (Quadrati lumborum) und die großen Lendenmuskeln (Psoae) können ebenfalls bei den Skoliosen mitwirken.

Es versteht sich von selbst, daß die Verkrümmungen nicht bloß die Länge, sondern auch die Thätigkeit der Rückenmuskeln ändern. Die Ernährungserscheinungen können in solchen Fällen beträchtlich leiden. Man findet nicht selten, daß einzelne der Muskelmassen, die ihre vorgeschriebene Wirkung verloren haben, Fett in beträchtlicher Menge

---

[1]) E. Stromeyer, Ueber die Paralyse der Inspirationsmuskeln, Hannover, 1836. 8. Seite 53 — 57.

[2]) Ebendaselbst. S. 51 — 89.

aufnehmen, blaß, gallertartig oder sehnig werden. Es kann sich in diesen Fällen ereignen, daß man ihre Ansätze oder ihren Verlauf nicht mehr mit Bestimmtheit zu erkennen im Stande ist. Guérin[1]) nimmt an, daß sich die Muskeln vorzugsweise in Sehnenmassen verwandeln, wenn die Verbiegung ursprünglich von ihnen selbst ausging. Entstand sie dagegen erst in Folge eines Knochenleidens, so erblassen eher die Fasern oder verwandeln sich in Fett (Bd. I. §. 1722.).

Lassen sich diese Erscheinungen nach den Gesetzen der Ernährung des gesunden oder kranken Körpers erklären, so stößt man auch noch nach Günther[2]) auf Abweichungen, die viel Räthselhaftes darbieten. Die Muskelansätze können sich nämlich nach ihm, wenn die Knochenstücke zu nahe zusammenrücken, verschieben und von den gewöhnlichen Verhältnissen wesentlich abweichen.

Haben ursprüngliche Schaltstücke der Wirbelsäule die Verkrümmung erzeugt, sind die Wirbel selbst regelwidrig gebildet, gingen beträchtliche Theile derselben durch Eiterung zu Grunde, verknöcherten die Weichgebilde, die sie sonst umgaben, so wird die Mißbildung in den meisten Fällen allen Heilversuchen siegreich widerstehen. Drohen Ernährungsstörungen, die nöthige Festigkeit dem Skelette zu rauben, so vermag schon eine kräftige Behandlung glücklicher einzugreifen Der Orthopäde findet eben so ein günstiges Feld seiner Wirksamkeit, wenn nur die Gewohnheit oder leichte nervöse Anregungen die Muskelverkürzungen, welche die Verbiegung bedingen, anregten. Nur müssen die mechanischen und die chirurgischen Eingriffe, die er sich erlaubt, den physiologischen Grundsätzen entsprechen.

Die anhaltende künstliche Dehnung auf Streckbetten kann nie mit Nutzen als einziges Mittel gebraucht werden. Die Theile geben zwar nach; ihre Kräfte gewinnen aber nicht hierbei, sobald nicht andere zweckmäßige Wirkungen zu Hilfe kommen. Personen, die zu lange und zu ausschließlich auf diese Weise behandelt worden sind, knicken häufig zusammen, so wie sie sich selbst überlassen werden. Ihre Haltung wird unsicher; ihre Wirbelsäule verkrümmt sich oft von Neuem und selbst stärker als früher. Versuche der Art nützen nur dann, wenn sie mit den passenden gymnastischen Uebungen, mit der Kräftigung durch gesunde Luft, Bäder, und zweckmäßige Diät verbunden werden. Die verschiedenen Mieder mit Achselunterstützungen müssen nicht sowohl eine unmittelbare Zurückbiegung der Wirbelsäule, als das nöthige Gleichgewicht der Haltung berücksichtigen. Ebenso darf man nicht immer die verkürzten Muskeln auf das Gerathewohl durchschneiden. Man muß vielmehr auch im Auge behalten, ob die Störungen des Nervensystems, welche sie herbeiführten, die krankhafte Zusammenziehung von Neuem anregen werden oder nicht.

Die früher (Bd. I. §. 88.) erwähnten mechanischen Verhältnisse können es erklären, weshalb die vordere Seite der Wirbelsäule weit weniger Muskelmassen, als die hintere aufnimmt. Der Hals ist noch in dieser Hinsicht am Meisten, viel weniger der Lendentheil und am Wenigsten die Brust bedacht. Diese erhält dafür eine Reihe von Gebilden, die mittelst der Rippen wirken können. 2881

Arbeiten die langen Halsmuskeln (Longi colli) (*y* Fig. 133.) gemeinschaftlich, so beugen sie den Halstheil der Wirbelsäule. Jeder von ihnen kann aber auch Drehbewegungen vermitteln. Seine obere Abtheilung wendet ihn dann nach derselben, seine untere dagegen nach der entgegengesetzten Seite. Finden die Rippenhalter (Scaleni) (*w* Fig. 133.) ihre festen Punkte an den Rippen, so bewegen sie ebenfalls die Halswirbelsäule. Der vordere beugt sie mehr nach vorn, der mittlere und der untere dagegen eher nach der Seite. Wirken die beiden mittleren oder 2882

[1]) J. Guérin, in der Gazette médicale de Paris. 1840. 4. p. 365 fgg.
[2]) Günther, in C. C. Schmidt's Encyclopaedie der gesammten Medicin. Bd. VI. Leipzig, 1842. 8. S. 366. 367.

die beiden seitlichen mit entsprechenden Kräften gleichzeitig, so befestigen sie den unteren Theil des Halsstückes der Wirbelsäule.

2883 Die vorderen geraden Kopfmuskeln (Recti capitis antici majores und minores) neigen den Kopf nach vorn, wenn sie beiderseits gemeinschaftlich arbeiten. Wirkt dagegen nur die eine Seitenhälfte von ihnen, und zwar vorzüglich der größere gerade Muskel, so wendet sich zugleich das Gesicht in geringem Grade nach seiner Seite hin.

2884 Die Gruppe der schiefen Bauchmuskeln (Obliqui abdominis externi und interni) (γ Fig. 141.), der geraden (Recti abdominis) und der Pyramidenmuskeln (Pyramidales) kann den Oberkörper mittelst der Rippen, die ihre Hebelarme bilden, nach vorn beugen. Sind die Oberschenkel befestigt, so ist jeder der beiden großen Lendenmuskeln (Psoae majores) im Stande, ihn nach vorn zu neigen. Der kleinere Lendenmuskel (Psoas minor), der überhaupt seltener vorkommt, vermag seinen größeren Nebenbuhler zu unterstützen. Der viereckige Lendenmuskel (Quadratus lumborum) sucht die Wirbelsäule nach seiner Seite zu neigen.

2885 Da das Heiligbein die feste Grundlage des Wirbelstabes bilden soll, so wird es zwischen dem Darmbeine mittelst der Symphyse (Symphysis sacro-iliaca) fest eingekeilt. Das tiefer gelegene Steißbein dagegen, welches dem Schwanze der Thiere entspricht, gestattet eher wiederum geringe selbstständige Veränderungen seiner Lage. Die Muskelmassen, die es empfängt, bleiben jedoch schwach. Sie bilden gewissermaßen nur Spuren der mächtigen Muskulatur, die an dem Schwanze der Säugethiere vorkommt.

2886 Der Krümmer des Steißbeines (Curvator coccygis s. Sacro-coccygeus anticus) und der Steißbeinmuskel (Coccygeus) können das Steißbein beugen. Der hintere Heiligbein-Steißbeinmuskel (Extensor coccygis s. Sacro-coccygeus posticus) ist im Stande, vorzüglich den unteren Theil desselben in geringem Maaße nach hinten zu führen.

Die §. 2867. und §. 2880. mitgetheilten Erscheinungen, welche die Verkrümmungen der Wirbelsäule begleiten, machen es oft wünschenswerth, daß der Arzt die Muskeln, die sich in solchen Krankheitszuständen betheiligen, so genau, als es die Verhältnisse gestatten, bestimmt. Die folgende Tabelle hat zum Zweck, dieses Bemühen zu erleichtern. Sie enthält die Ursprünge und die Ansätze der Muskeln, die hier in Betracht kommen können. Da wir dabei nur die Biegsamkeit der Wirbelsäule im Auge haben, so wurden manche Muskeln, wie die Rippenhalter, die man sonst von den Wirbeln ausgehen läßt, so betrachtet, als wenn sie sich an sie anfügten. Berücksichtigt man die vielen Varietäten, welche diese Muskeln darbieten, erwägt man, daß die künstliche Trennung, zu der man hier oft genöthigt ist, wesentliche Abweichungen in den Angaben veranlaßt, so wird man zugeben, daß ein solches Verzeichniß, wenn es kein bloß subjectives Gepräge der Untersuchungen eines einzigen Forschers an sich tragen soll, zu den schwierigsten Aufgaben der beschreibenden Zergliederungskunde gehört. Ich bemühte mich, die drohenden Klippen zu vermeiden, indem ich die häufigsten Ursprungs- und Ansatzstellen ohne Weiteres eintrug, die gewöhnlichen Varietäten dagegen in Klammern einschloß. Die Uebersicht erhielt so einen Grad von Genauigkeit, der für die meisten in der Praxis vorkommenden Fälle hinreichen dürfte. Die entsprechenden Stellen des Kopfes, des Nackenbandes und des Beckens wurden zu gleicher Zeit der Vollständigkeit wegen berücksichtigt.

Wir haben früher (§. 2875.) gesehen, daß die gewöhnliche Sonderung der Rückenmuskeln in vier Schichten sehr viel Künstliches und Willkührliches hat. Da sie jedoch wenigstens ungefähr andeuten kann, in welcher Tiefe eine Muskelmasse liegt, so habe ich die Lage, der jede angehört, mit arabischen Ziffern angegeben. Die Muskeln, die

von der Seite der Wirbelsäule zu dem Brustkorbe gehen, wurden dann mit 5 und die, welche an der Vorderfläche liegen, mit 6 bezeichnet.

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
Hinterhauptsbein.	Grundtheil.		Recti capitis antici major und minor (6). Rectus capitis lateralis (4).
	Aeußerer Hinterhauptshöcker.	[Cucullaris (1)].	
	Gegend der oberen halbkreisförmigen Linie.	Cucullaris (1).	Splenius capitis (2). Biventer (3). Complexus (3).
	Gegend der unteren halbkreisförmigen Linie.		Recti capitis postici major und minor (4). Obliquus capitis superior (4).
Schläfenbein.	Zitzentheil.		Splenius capitis (2). Obliquus capitis superior (4).
	Zitzenfortsatz.	[Levator scapulae (2)].	Sternocleidomastoideus (6). Trachelomastoideus (3). [Splenius capitis (2)].
Nackenband.		Cucullaris (1). [Serratus posticus superior (2)]. Splenius capitis (2). [Rectus capitis posticus major (4)].	
Erster Halswirbel.	Vorderes Tuberkulum,		Longus colli (6).
	Seitenmasse.	Rectus capitis anticus minor (6).	
	Querfortsatz. Vorderes Tuberkulum.	[Rectus capitus anticus major (6)]. Rectus capitis lateralis (4).	Longus colli (6). Scalenus medius (5).
	Querfortsatz. Hinteres Tuberkulum.	Rectus capitis lateralis (4). Obliquus capitis superior (4). Levator scapulae (2).	Splenius colli (2). Obliquus capitis inferior (4). [Transversalis cervicis (3)]. Trachelomastoideus (3)].
	Tuberkulum des hintersten Theiles des Bogens.	Rectus capitis posticus minor (4). [Cucullaris (1)].	
Zweiter Halswirbel.	Körper.		Longus colli (6).
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Intertransversarii anticus u. posticus (4). Levator scapulae (2).	Scalenus medius (5). Splenius colli (2). Transversalis cervicis (3). Intertransversarius (4). [Trachelomastoideus (3)].

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
	Dornfortsatz.	Rectus capitis posticus major (4). Obliquus capitis inferior (4). Spinalis cervicis (3). Interspinalis (4). [Splenius capitis (2)]. [Cucullaris (1)].	Semispinalis cervicis (3). Multifidus spinae (4).
	Schiefer Fortsatz.	[Multifidus spinae (4)].	
Dritter Halswirbel.	Körper.		[Longus colli (6)].
	Bogen.	[Interspinalis (4)].	Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Intertransversarii anticus u. posticus (4). Rectus capitis anticus major (6). Longus colli (6). Levator scapulae (2). Biventer (3). [Trachelomastoideus (3)]. [Complexus (3)]. [Cervicalis descendens (3)]. Multifidus spinae (4).	Scalenus medius [und posticus (5)]. Semispinalis cervicis (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Dornfortsatz.	Splenius capitis (2). Spinalis cervicis (3). Interspinalis (4). [Cucullaris (1)].	Semispinalis cervicis (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Schiefer Fortsatz.	[Multifidus spinae (4)].	
Vierter Halswirbel.	Körper.		Longus colli (6).
	Bogen.	[Interspinalis (4)].	Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Intertransversarius (4). Rectus capitis anticus major (6). Longus colli (6). Levator scapulae (2). Trachelomastoideus (3). Biventer (3). [Complexus (3)]. [Cervicalis descendens (3)]. Multifidus spinae (4).	Scalenus anticus u. medius (5). Splenius colli (3). Transversalis cervicis (3). Intertransversarius (4).
	Dornfortsatz.	Splenius capitis (2). Spinalis colli (3). Interspinalis (4). [Cucullaris (1)]. [Serratus posticus superior (2)].	Semispinalis cervicis (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae (4).	
Fünfter Halswirbel.	Körper.	Longus colli (6).	Longus colli (6).
	Bogen.	[Interspinalis (4)].	Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Rectus capitis anticus major (6). Longus colli (6). Trachelomastoideus (3). Biventer (3). [Complexus	Scaleni anticus medius und posticus (5). Transversalis cervicis (3). Intertransversarius (4).

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
		(3)]. Cervicalis descendens (3). Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4). [Levator scapulae (2)].	
	Dornfortsatz.	Splenius capitis (2). [Spinalis cervicis (3)]. Interspinalis (4). [Cucullaris (1)]. [Serratus posticus superior (2)].	Semispinalis cervicis (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae (4).	
Sechster Halswirbel.	Körper.	Longus colli (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Rectus capitis anticus major (6). Longus colli (6). Trachelomastoideus (3). Biventer (3). [Complexus (3)]. [Transversalis cervicis (3)]. Multifidus spinae (4).	Scaleni anticus medius u. posticus (5). Longus colli (6). Intertransversarius (4). [Transversalis cervicis (3)].
	Dornfortsatz.	[Rhomboideus minor (2)]. Splenius capitis (2). Serratus posticus superior (2). Spinalis cervicis (3). Interspinalis (4). [Cucullaris (1)].	Semispinalis (cervicis und) dorsi (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae (4).	
Siebenter Halswirbel.	Körper.	Longus colli (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4). [Rotator dorsi (4)].
	Querfortsatz.	Trachelomastoideus (3). Biventer (3). Complexus (3). Transversalis cervicis (3). [Semispinalis cervicis (3)]. Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4). Levator costarum brevis I. (5).	Scaleni medius und posticus (5). Longus colli (6). Sacrolumbaris (3). Intertransversarius (4). [Transversalis cervicis (3)].
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Splenius capitis (2). Rhomboideus minor oder major (2). Serratus posticus superior (2). Spinalis cervicis (3). Interspinalis (4).	Semispinalis dorsi (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae (4).	
Erster Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli (6).	

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Trachelomastoideus (3). Transversalis cervicis (3). Biventer (3). Complexus (3). [Semispinalis cervicis (3) Multifidus spinae (4)]. [Intertransversarius (4)]. Levator costarum brevis II. (5). [Rotator (4)].	Fasciculus internus longissimi dorsi (3). Intertransversarius (4).
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Splenius capitis (et colli) (2). Rhomboideus minor oder major (2). Serratus posticus superior (2). [Biventer cervicis (3)]. [Spinalis cervicis (3)]. Interspinalis (4).	Semispinalis dorsi (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
Zweiter Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis III. (5). [Biventer cervicis (3)]. Sonst wie am ersten Rückenwirbel.	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). [Splenius capitis (2)]. [Splenius colli (2)]. [Rhomboideus major (2)]. Serratus posticus major (2). Interspinalis (4).	[Spinalis cervicis (3)]. Spinalis u. Semispinalis dorsi (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
Dritter Rückenwirbel.	Körper.	[Longus colli (6)].	
	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis IV. Sonst wie an dem zweiten Rückenwirbel.	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). [Splenius capitis (2)]. Splenius cervicis (2). [Rhomboideus major (2)]. Interspinalis (4).	Wie an dem zweiten Rückenwirbel.
Vierter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis V. (5). Sonst wie an dem zweiten Rückenwirbel.	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Rhomboideus major (2). Splenius colli (2). [Interspinalis (4)].	Wie an dem zweiten Rückenwirbel.

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
Fünfter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis VI. (5). Biventer (3). [Complexus (3)]. Semispinalis colli (3). [Transversalis cervicis (3)]. Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4).	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Rhomboideus major (2) [Interspinalis (4)].	Wie an dem zweiten Rückenwirbel.
Sechster Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis VII. (5). Biventer (3). [Complexus (3).] [Transversalis cervicis (3)]. [Semispinalis colli (3)]. Semispinalis dorsi (3). Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4).	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). [Splenius colli (2)]. [Interspinalis (4)].	Spinalis dorsi (3). Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
Siebenter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis VIII. u. longus I. (5). Biventer (3). [Complexus (3)]. [Semispinalis cervicis (3)]. Semispinalis dorsi (3). [Longissimus dorsi (3)]. Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4).	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Interspinalis (4).	Wie an dem sechsten Rückenwirbel.
Achter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis IX. und longus II. (5). [Longissimus dorsi (3)]. [Biventer (3)]. [Semispinalis cervicis (3)]. Semispinalis dorsi (3). Multifidus spinae (4). [Intertransversarius (4)].	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Interspinalis (4).	Wie an dem sechsten Rückenwirbel.

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
Neunter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis X. u. longus III. (5). Sonst wie an dem achten Rückenwirbel.	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Latissimus dorsi (1). [Interspinalis (4)].	[Spinalis dorsi (3)]. Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
Zehnter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis XI. u. longus IV. (5). Sonst wie an dem achten Rückenwirbel.	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Latissimus dorsi (1). [Spinalis dorsi (3)]. [Interspinalis (4)].	Multifidus spinae (4). [Interspinalis (4)].
Eilfter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	Levator costarum brevis XII. (5). Semispinalis dorsi (3). [Longissimus dorsi (3)]. Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4).	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Latissimus dorsi (1). Serratus posticus inferior (2). Spinalis dorsi (3). Interspinalis (4).	Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Körper.	Psoas major (6).	[Quadratus lumborum (5)].
Zwölfter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae (4). Rotator (4).
	Querfortsatz.	[Longissimus dorsi (3)]. [Semispinalis dorsi (3)]. Multifidus spinae (4). Intertransversarius (4).	Wie an dem ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris (1). Latissimus dorsi (1). Serratus posticus inferior (2). Spinalis dorsi (3). Interspinalis (4).	Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
Erster Lendenwirbel.	Körper.	Aeußerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major u. minor (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Aeußerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major (6). [Longissimus dorsi (3)]. [Semispinalis dorsi	Quadratus lumborum (5). Sacrospinalis (3). Intertransversarius (4).

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
		(3)]. Intertransversarius (4). Transversus abdominis.	
	Dornfortsatz.	[Serratus posticus inferior (2)]. Sacrospinalis (3). Spinalis dorsi (3). Interspinalis (4).	Multifidus spinae (4). Interspinalis (4).
	Nebenfortsätze.	Multifidus spinae (4). Interaccessorii (4).	[Longissimus dorsi (3)].
Zweiter Lendenwirbel.	Körper.	Mittlerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Psoas major (6). Intertransversarius (4). Transversus abdominis.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.
	Dornfortsatz.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.
	Nebenfortsätze.	Desgl.	Desgl.
Dritter Lendenwirbel.	Körper.	Innerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Wie an dem zweiten Lendenwirbel.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.
	Dornfortsatz.	Wie an dem ersten Lendenwirbel, nur oft noch mit Ausnahme des Spinalis dorsi.	Desgl.
	Nebenfortsätze.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.	Desgl.
Vierter Lendenwirbel.	Körper.	Wie an dem dritten Lendenwirbel.	Wie an dem dritten Lendenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Wie an dem zweiten Lendenwirbel.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.
	Dornfortsatz.	Sacrospinalis (3). Interspinalis (4).	Desgl.
	Nebenfortsätze.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.	Desgl.
Fünfter Lendenwirbel.	Körper.	Psoas major (6).	
	Bogen.		Multifidus spinae (4).
	Querfortsatz.	Psoas major (6). [Iliacus internus (6)]. Intertransversarius (4).	Sacrospinalis (3). Intertransversarius (4).
	Dornfortsatz.	Wie an dem vierten Lendenwirbel.	Wie an dem vorigen Lendenwirbel.

Hauptstück.	Nebentheil.	Muskel	
		Ursprung.	Ansatz.
	Nebenfortsätze.	Wie an dem ersten Lendenwirbel.	Desgl.
Heiligbein.	Vorderfläche	[Iliacus internus]. Pyriformis. Curvator coccygis (6).	
	Hinterfläche.	Glutaeus maximus. Sacrospinalis (3). Multifidus spinae (3). Intertransversarius (4). [Extensor coccygis].	
Steißbein.	Vorderfläche.	Curvator coccygis (6). Coccygeus (6). Sphincter ani externus.	
	Hinterfläche.	Extensor coccygis.	
Darmbeinkamm.		Latissimus dorsi (1). Sacrospinalis und insbesondere Iliocostalis (3). Multifidus spinae (4). Quadratus lumborum (5). Obliqui und Transversus abdominis.	
Lenden-Nackenaponeurose.		Serratus posticus inferior (2). Longissimus dorsi u. Iliocostalis (3). [Obliquus abdominis internus und Transversus abdominis]. [Multifidus spinae (4) u. Semispinalis (3)].	

2887 Brustkorb. — Während der Rückentheil der Wirbelsäule den festen Mittelstab des Ganzen bildet, schlingen sich die zwölf Rippen als ziemlich bewegliche Reifen um die Seitentheile der Brusthöhle. Ihre Köpfchen sind dabei mit den seitlichen Vertiefungen der Wirbelkörper gelenkig verbunden. Die Querfortsätze werden aber noch für die zehn obersten benutzt, um es zu verhindern, daß kein unpassendes Ausweichen, vorzüglich nach hinten, möglich werde. Die Höcker jener Rippen verbinden sich aber ebenfalls gelenkig mit den queren Fortsätzen, um eine beschränkte Beweglichkeit zu gestatten.

2888 Wir haben schon früher (Bd. I. §. 1210.) kennen gelernt, welchen Nutzen die Rippenknorpel darbieten. Der zweite bis siebente verbindet sich gelenkig mit dem Brustbeine, um eine desto größere Erweiterung der Brusthöhle möglich zu machen. Da sich jeder der drei folgenden Rippenknorpel an das nächst höher gelegene gleiche Stück anfügt, so bleibt auch noch seine Beweglichkeit in dem nöthigen Maaße beschränkt. Diese Vorsichtsmaaßregel scheint für die so kurzen und tief gelegenen letzten Rippen überflüssig gewesen zu sein.

Das ſchwammigte Bruſtbein, welches das vordere Schlußſtück der Bruſthöhle bildet, beſitzt einen nicht unbedeutenden Grad von Federkraft. Es giebt daher äußeren Gewalten leichter nach und bricht ſelbſt nicht immer in Menſchen, die durch das Rad hingerichtet werden. 2889

Die Symmetrie des Bruſtkorbes geht häufig durch die verſchiedenartigſten Leiden zu Grunde. Leidet die eine Lunge, verliert die eine Hälfte der Bruſt einen Theil ihrer Weichgebilde, ſo flacht ſich nicht ſelten der Rippenkorb an dieſer Seite ab. Verkrümmungen der Wirbelſäule und vorzüglich des Rückenſtückes derſelben verſchieben auch die Rippen. Selbſtſtändige regelwidrige Biegungen derſelben und krankhafte Formverhältniſſe des Bruſtbeines können noch hier, wie bei Knochenerweichungen und ähnlichen Leiden hinzukommen. Eine ausführliche Beſchreibung der mannigfachen abweichenden Verhältniſſe, welche die Bruſt in den verſchiedenen Krümmungsformen der Wirbelſäule darbietet, findet ſich in: C. Rokitansky, Handbuch der pathologischen Anatomie. Bd. II. Wien, 1842. 8. S. 275 — 278. Die Art, wie ſich hierbei die Muskeln verhalten, verdient noch genauer unterſucht zu werden.

Das Bruſtbein kann mit oder ohne die Hautbedeckungen von der Geburt an mangeln. Fälle, in denen dann das Herz durch eine Bruſtſpalte vorfiel, ſind ſchon Bd. I. §. 899. angeführt worden.

Da die knöchernen Rippen ſchief von hinten und oben nach vorn und unten hinabgehen (Fig. 136. S. 284.), ſo werden ſie das Bruſtbein, ſo wie ſie der waagerechten Richtung bei ihrer Hebung näher kommen, vor ſich herſtoßen und von der Wirbelſäule entfernen. Der Durchmeſſer des Bruſtkorbes muß daher von vorn nach hinten zunehmen. Die Rippen können ſich aber auch in beſchränktem Maaße um ihre Achſe drehen, ſo daß ſich ihr Mitteltheil in die Höhe und ihr Unterrand nach außen wendet. Dieſe Bewegungsweiſe wird die Bruſt von vorn nach hinten und zugleich von einer Seite zur anderen erweitern. Die Wirkungsgröße, welche dieſe Verrückungen möglich machen, nimmt übrigens im Allgemeinen von oben nach unten hin zu. 2890

Die Veränderungen, denen der Bruſtkorb bei dem Athmen unterliegt, und die Mukeln, die ſich hierbei betheiligen, ſind ſchon in der Lehre von dem Athmen (Bd. I. §. 1228 fgg.) erläutert worden.

Die folgende Tabelle giebt uns eine Ueberſicht der vorzüglichſten Muskeln, die ſich an die einzelnen Theile des Bruſtkaſtens, an die Rippen, das Schlüſſelbein und das Bruſtbein anhängen. Die unbeſtändigeren Verhältniſſe ſind wiederum durch die beigefügten Klammern angedeutet worden.

Knochen	Heber.	Antagoniſten der Heber.
Erſte Rippe.	Scalenus anticus u. medius (Scalenus posticus). Levator costarum brevis I. (Serratus anticus). (Serratus posticus superior). (Cervicalis descendens). Subclavius.	Intercostales externus u. internus. Subcostalis (?).
Zweite Rippe.	Intercostales externus u. internus. (Subcostalis). Scalenus medius u. posticus. Levator costarum brevis II. Serratus anticus. Pectoralis major. Serratus posticus superior. (Cervicalis descendens). (Levator scapulae).	Intercostalis. Subcostalis. Triangularis sterni. (Fasciculus externus longissimi dorsi).

Knochen.	Heber.	Antagoniſten der Heber.
Dritte Rippe.	Intercostalis (Subcostalis). Levator costarum brevis III. Serratus anticus. Pectoralis major u. minor. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens.	Intercostalis. Subcostalis. Triangularis sterni. (Longissimus dorsi). (Rectus abdominis).
Vierte Rippe.	Intercostalis (Subcostalis). Levator costarum brevis IV. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major u. minor.	Intercostalis. (Subcostalis). Triangularis sterni. (Longissimus dorsi). (Rectus abdominis). (Obliquus abdominis externus).
Fünfte Rippe.	Intercostalis. (Subcostalis). Levator costarum brevis V. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major u. minor.	Intercostalis. Subcostalis. Triangularis sterni. Longissimus dorsi. Obliquus abdominis externus. Rectus abdominis.
Sechſte Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis VI. Serratus anticus. (Serratus posticus superior). Cervicalis descendens. Pectoralis major.	Intercostalis. Subcostalis. (Triangularis sterni). Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus abdominis externus. (Transversus abdominis).
Sieb. Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis VII. Serratus anticus. Pectoralis major. (Cervicalis descendens). Diaphragma.	Intercostalis. Subcostalis. (Triangularis sterni). Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus externus (u. internus). Rectus abdominis. (Transversus abdominis).
Achte Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis VIII. Serratus anticus. (Cervicalis descendens). Diaphragma.	Intercostalis. Subcostalis. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus externus (u. internus). Rectus abdominis. Transversus abdominis.
Neunte Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis IX. Levator costarum longus I. Serratus anticus. (Cervicalis descendens). Diaphragma. (Latissimus dorsi).	Intercostalis. Subcostalis. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus abdominis externus (und internus). (Transversus abdominis).
Zehnte Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis X. Levator costarum longus II. (Cervicalis descendens). Diaphragma. Latissimus dorsi.	Intercostalis. Subcostalis. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliqui externus und internus abdominis. (Transversus abdominis).
Eilfte Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis XI. Levator costarum longus III. Diaphragma. Latissimus dorsi.	Intercostalis und Subcostalis. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliqui abdominis externus und internus. (Transversus abdominis).
Zwölfte Rippe.	Intercostalis. Subcostalis. Levator costarum brevis XII. Levator costarum longus IV. Diaphragma. Latissimus dorsi.	Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliqui abdominis externus und internus. (Transversus abdominis). Quadratus lumborum.
Handgriff des Bruſtbeines.	Sternocleidomastoideus. Sternohyoideus. Sternothyreoideus.	

Knochen.	Heber.	Antagoniſten der Heber.
Körper des Bruſtbeines.	Pectoralis major.	Triangularis sterni.
Schwerdtfortſatz.	Diaphragma.	Triangularis sterni. Rectus abdominis.
Schlüſſelbein.	Sternocleidomastoideus. Cucullaris. Pectoralis major. Subclavius (für die erſte Rippe).	Deltoideus (faſt nur für Oberarm und Schulter beſtimmt).

Bauchmuskeln. — Die Erſcheinungen der Bauchpreſſe führten 2891
uns ſchon zu der Darſtellung der Einflüſſe, welche das Zwerchfell und die Bauchmuskeln auf die Unterleibshöhle ausüben (Bd. I. §. 533.). Drücken die ſchiefen [γ Fig. 141.] und die queren Bauchmuskeln [c Fig. 143.] (Obliqui abdominis externus und internus und Transversi abdominis) die Bauchhöhle ſeitlich und von hinten her zuſammen, ſo erzeugen die geraden (Recti abdominis) [δ Fig. 141.] einen Gegendruck, damit nicht die Bauchdecken in unzweckmäßiger Weiſe nach vorn hervortreten. Die Preſſung vertheilt ſich auf dieſe Weiſe auf den ganzen Umkreis der Bauchdecken. Wirkt nur einer der äußeren ſchiefen Bauchmuskeln, ſo kann er zur ſeitlichen Neigung des Rumpfes beitragen. Die Art, wie ſich die Bauchmuskeln bei der Beugung der Wirbelſäule betheiligen, iſt ſchon §. 2884. erläutert worden.

Muskeln des Beckenausganges. — Der Maſtdarm, die Ge- 2892
ſchlechtswerkzeuge und die Harnblaſe erhalten hier eine eigene Reihe von rothen Muskeln, von denen ein Theil gleich einer fleiſchigen Scheidewand über den unteren Beckenausgang geſpannt iſt. Der Afterheber (Levator ani) zieht das untere Ende des Maſtdarmes, die Vorſteherdrüſe und den tiefſten Theil des Steißbeines in die Höhe und kann vielleicht ſelbſt den Schluß des Afters unterſtützen. Der äußere Afterſchließer (Sphincter ani externus) verengt nicht bloß die Aftermündung, ſondern bringt auch die benachbarten Hautwülſte, ſo wie er kräftiger wirkt (vgl. Bd. I. §. 567.), näher zuſammen. Es iſt dagegen für jetzt noch unmöglich, den Thätigkeitsbezirk der queren Dammmuskeln (Transversi perinaei) mit Beſtimmtheit anzugeben. Die Einen ſchreiben ihnen eine ähnliche Wirkung, wie dem Afterheber zu, während Andere annehmen, daß ſie den Einfluß des Harnſchnellers, des Harnröhren- und des Scheidenſchnürers unterſtützen.

Der Harnblaſenmuskel (Depressor vesicae s. Vesicalis) zieht 2893
die Blaſe nach abwärts und unterſtützt ſo in gewiſſen Fällen das Harnlaſſen (Bd. I. §. 1571.). Der Harnſchnürer (Constrictor urethrae membranaceae) drückt den häutigen Theil der Harnröhre zuſammen und kann ihn etwas verkürzen.

Der Harnſchneller (Bulbo-cavernosus) wirkt bei ſeiner Zuſam- 2894
menziehung auf die Zwiebel und das Maſchengewebe der Harnröhre. Er kann hierdurch den Querſchnitt derſelben verengern und Flüſſigkeiten,

die in ihr enthalten sind, austreiben helfen. Der Ruthensteifer (Ischiocavernosus) preßt die tiefen Blutadern des männlichen Gliedes und betheiligt sich auf diese Weise bei der Steifung des Gliedes, wie wir in der Zeugungslehre sehen werden. Der Hodenmuskel (Cremaster) zieht den Hoden gegen den Bauchring empor. Der Scheidenschnürer (Constrictor cunni) verengert das Scheidenrohr und drückt auf die Blutadern des Fachgewebes des Vorhofes.

2895 Biegungsgröße des Rumpfes. — Die Krümmungsbogen, die dem Rumpfe und dem Kopfe möglich sind, wechseln in ziemlich beträchtlichen Grenzen von Person zu Person. W. und Ed. Weber[1]), die ihre Versuche an zwei Menschen anstellten, fanden 147° und 145° für Scheitel und Brustbein und 83° und 85° für Brust- und Kreuzbein. Dieses und der Scheitel ergaben mithin 230° bis 260°.

Krause[2]) nimmt an, daß Kopf und Hals zusammen um ungefähr 75° nach vorn und hinten und um 45° bis 50° nach den Seiten von der senkrechten Linie abweichen kann. Die Drehung beträgt 65° bis 75°.

Anhang Nr. 122. Prüfte ich diese Erscheinungen an einem 21jährigen und einem 43jährigen Manne, nach dem für die Biegungsverhältnisse der Wirbelsäule angegebenen Verfahren, so erhielt ich 62° bis 72° für die Neigung des Halses und Kopfes nach vorn und 105° für die möglichst starke Streckung nach hinten. Der Gesammtwerth der Maximalkrümmungen stieg mithin auf 167° bis 177°.

2896 Wir haben früher (§. 2870.) gesehen, daß die Seitenwendung des Kopfes nur 45° erreicht, wenn sich hierbei bloß das Zapfengelenk der beiden ersten Halswirbel betheiligt. Drehten dagegen die beiden §. 2895. erwähnten Männer den Kopf mit dem Halse auf das Nachdrücklichste, so daß die Halsmuskeln zu schmerzen anfingen, so glich der Gesammtbogen 160°. Jede Seite nahm daher 80° in Anspruch.

2897 Knochen und Muskeln des Schultergerüstes und des Armes. — Der Arm besitzt zwei knöcherne Gürtelstücke, ein größtentheils befestigtes, das Schlüsselbein, und ein beweglicheres, das Schulterblatt. Jenes hält das Schultergelenk in der gehörigen Entfernung von dem Brustkasten und bildet so eine Art von Stemmwerkzeug für die meisten Ortsveränderungen des Armes. Das Schulterblatt dagegen folgt ihnen oft bis zu einem gewissen Grade nach. Seine vielen Muskeln machen die mannigfachsten Arten der Befestigung möglich. Die ausgedehnten Knochenoberflächen, die es darbietet, gestatten es, daß von ihnen zahlreiche Muskelfasern und daher kräftig wirkende Muskelmassen ausgehen. Viele der Schultermuskeln heften sich in einer verhältnißmäßig bedeutenden Entfernung von den Stützpunkten der Knochen an und gewinnen so einen günstigen Wirkungskreis.

2898 Ein Theil des Kappenmuskels (Cucullaris) [*c* Fig. 141.] geht an das Schlüsselbein, ein anderer an das Schulterblatt. Findet er seinen

---

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. Seite 101.
[2]) Krause, a. a. O. S. 461. 462.

Stützpunkt an dem Kopfe, der Wirbelsäule und dem Nackenbande, so wird seine Verkürzung die Schulter emporzuführen suchen. Wirkt der Oberarm als der befestigte Theil, so können der große Brustmuskel (Pectoralis major) (*d* Fig. 141. S. 306.) und der Armheber (Deltoideus) (*e* Fig. 141.) das Schlüsselbein herabziehen. Der Schlüsselbeinmuskel (Subclavius) ist noch im Stande, diese Wirkung zu unterstützen. Die Schulter senkt sich dann gerade herab oder tritt etwas nach vorn vor. Trägt sich auch die Verkürzung des Kopfnickers (Sternocleidomastoideus) (*a b* Fig. 141.) auf das Schlüsselbein über, so bezieht sich doch die Wirkung mehr auf die Hebung der Brust, als auf die der Schulter allein.

Wir können die Muskeln, die sich an das Schulterblatt anfügen, in 2899
dreierlei Abtheilungen trennen. Die eine benutzt nur dasselbe als feste Ausgangsstelle, wirkt aber nicht auf dessen Ortsveränderung selbst ein. Der Schulter-Zungenbeinmuskel (Omohyoideus) (§. 2843.) (*α* Fig. 131) und der bisweilen vorhandene Hackenfortsatzmuskel (Coracocervicalis), welcher die Halsfascie anspannt, gehören zu dieser Klasse.

Die zweite umfaßt diejenigen Muskeln, welche das Schulterblatt bei hängendem Arme verrücken und es in bestimmten Lagen feststellen. Der obere Theil des Kappenmuskels (Cucullaris) (*a* Fig. 138.) führt es nach oben. Der Schulterheber (Levator scapulae) (*f* Fig. 139. und 140.) zieht den oberen und inneren Winkel desselben in die Höhe und betheiligt sich so bei dem Achselzucken. Die Rautenmuskeln (Rhomboidei major und minor) (*h* Fig. 139.) vertreten den Zug nach innen und oben, der ganze Kappenmuskel (Cucullaris) (*a* Fig. 138.) den nach innen und der untere Theil desselben den nach unten. Der kleinere Brustmuskel (Pectoralis minor) endlich bringt die Schulter nach vorn, innen und unten und der vordere Sägemuskel (Serratus anticus) (*β* Fig. 141., *a* Fig. 143. S. 319.) nach vorn und außen.

Die dritte Abtheilung der Schultermuskeln, zu welcher der Armheber (Deltoideus) (*δ* Fig. 131., *f* Fig. 138., *e* Fig. 141.), die beiden runden Muskeln (Teres major und minor) (*l m* Fig. 139.), der obere und der untere Gräthenmuskel (Supra- u. Infraspinatus) (*i k* Fig. 139.), der Unterschulterblattmuskel (Subscapularis), der zweiköpfige (*f* Fig. 141.) und der Hacken-Armmuskel (*h* Fig. 141.) (Biceps brachii und Coracobrachialis), so wie der lange Theil des dreiköpfigen Armmuskels (Caput longum tricipitis) (*u* Fig. 139.) gehören, wirkt in der Regel auf den Oberarm und benutzt das Schulterblatt zu dem Ausgangspunkte ihrer Thätigkeit. Findet ausnahmsweise das Entgegengesetzte Statt, so kann z. B. der Armmuskel die Schulterknochen feststellen helfen, der Unterschulterblattmuskel das Schulterblatt nach vorn und außen führen und der dreiköpfige Armmuskel dasselbe gegen den befestigten Oberarm hinüberziehen.

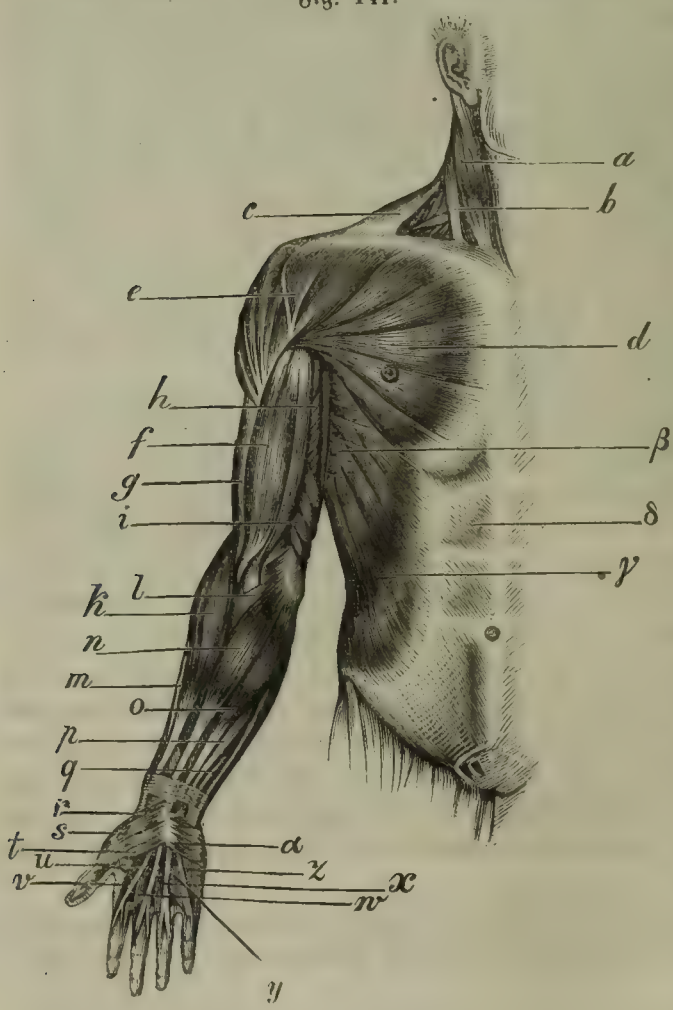
Das Schultergelenk bildet das freieste Drehgelenk unseres Kör- 2900
pers. Wir verdanken es vorzugsweise seiner Einrichtung, daß wir jeden

[1]) Krause, a. a. O. S. 377.

Theil unseres Körpers wenigstens mit den Fingern der einen Seite berühren können. Der seitlich geneigte, fast kugelige Gelenkkopf des Oberarmes spielt an der bedeutend kleineren Gelenkfläche des Schulterblattes. Die schlaffe Gelenkkapsel gestattet einen weiten Spielraum. Dieser Vortheil machte es unmöglich, daß straffe feste Bandmassen das Ganze sicherten. Das Nebenband (Ligamentum accessorium humeri) konnte nur einen geringen Schutz gewähren. Die starken Muskelmassen, welche das Gelenk umgeben, mußten die Hauptrolle übernehmen. Gewann hierdurch die Beweglichkeit unter regelrechten Verhältnissen, so erzeugte sich zugleich der Nachtheil, daß äußere Gewalten leichter, als an anderen Orten, Verrenkungen herbeiführen. Der Oberarmkopf findet dann nur einen größeren Widerstand an dem vorderen dreieckigen Schulterblattbande (Ligamentum coraco-acromiale), kann aber sonst in den verschiedensten Richtungen ausweichen.

2901 Der Armheber (Deltoideus) (*e* Fig. 141.) führt den Oberarm nach oben und außen. Er kann hierbei von dem Obergräthenmuskel (Supraspinatus) (*i* Fig. 139.) und vielleicht auch von dem Hacken-Armmuskel (Coracobrachialis) (*h* Fig. 141.) unterstützt werden. Seine vordere Abtheilung ist zugleich im Stande, den Arm nach vorn und seine hintere, ihn nach hinten zu wenden. Es kommt auch bisweilen vor, daß sich einzelne Fasern dieses Muskels zur Gelenkkapsel der Schulter begeben. Sie können sie wahrscheinlich in geringem Grade anspannen.

Fig. 141.



2902 Der große Brustmuskel (Pectoralis major) (*d* Fig. 141.), der breite Rückenmuskel (Latissimus dorsi) (*b* Fig. 138.), die runden Muskeln (Teres major und minor) (*l m* Fig. 139.) und der Unterschulterblattmuskel (Subscapularis) übernehmen die

Senkung des Oberarmes. Ist er befestigt, so sind der Hacken-Armmuskel (Coracobrachialis) (*h* Fig. 141.), der kurze Theil des zweiköpfigen (*f* Fig. 141.) und der lange des dreiköpfigen Armmuskels (*u* Fig. 139.) (Caput breve bicipitis und Caput longum tricipitis) im Stande, die Entfernung von Arm und Rumpf zu verkleinern.

Die Bewegung des Oberarmes nach vorn ist vor Allem der vorderen 2903
Abtheilung des Armhebers (Deltoideus) (*e* Fig. 141.), dem größeren Brustmuskel (Pectoralis major) (*d* Fig. 141.) und dem Hacken-Armmuskel (Coraco-brachialis) (*h* Fig. 141.), die nach hinten dem hinteren Theile des Armhebers (*f* Fig. 138.), dem großen runden Muskel (Teres major) (*m* Fig. 139.) und dem breiten Rückenmuskel (Latissimus dorsi) (*b* Fig. 138.) übertragen. Der Unterschulterblattmuskel (Subscapularis) und zum Theil der größere Brustmuskel, der große runde Muskel und der breite Rückenmuskel rollen ihn nach innen, der obere und der innere Gräthenmuskel dagegen (Supraspinatus und Infraspinatus) (*i k* Fig. 139.), der kleine runde (Teres minor) (*l* Fig. 139.) und vielleicht der Hacken-Armmuskel (Coraco-brachialis) (*h* Fig. 141.) nach außen. Der größte Theil von diesen beiden Arten von Drehmuskeln hält vorzugsweise den Oberarm, in Verbindung mit dem Armheber, in dem Schultergelenke zurück.

Das untere Ende des Oberarmes vereinigt sich mit dem obersten 2904
Stücke des Ellenbogenbeines in einem festen Gelenke, dem der Ellenbogenknorren als Sperrhacken dient. Das Ganze ist für die einseitige Bewegung der Beugung und der Streckung berechnet. Die Speiche betheiligt sich hierbei so wenig als möglich. Ihre vertiefte Fläche gleitet an dem gewölbten Köpfchen (Eminentia capitata) des Oberarmes hin und her.

Eine andere Einrichtung dagegen macht die Drehung um die Längenachse möglich. Das Köpfchen der Speiche spielt oben in dem kleineren halbmondförmigen Ausschnitte des Ellenbogens (Fig. 136.) in waagerechter Richtung. Der halbmondförmige Ausschnitt des Radius dagegen umfaßt unten den entsprechenden Theil des Kopfes der Ellenbogenröhre. Da die Drehung vorzugsweise für die Hand berechnet ist, so verbreitert sich die Speiche nach unten, um den Ausschlag zu vergrößern. Ihr Kopf rollt dann um den kleinen halbmondförmigen Ausschnitt des fest bleibenden Ellenbogenbeines.

Die Gelenkkapsel der Speiche wird oben von dem Kreisbande beschränkt. 2905
Die sackförmige Haut, die an dem unteren Ende angebracht ist, gestattet einen größeren Spielraum nach unten.

Diese Einrichtung macht die Vorwärtsbeugung oder die Pronation und die Rückwärtsbeugung oder die Supination möglich. Hängt der Arm frei herab, so daß die Speiche nach vorn sieht, so wendet jene Bewegungsweise den Daumen nach innen und hinten, diese dagegen nach außen.

Der zweiköpfige Armmuskel (Biceps brachii) (*f* Fig. 141.) und der innere Armmuskel (Brachialis internus) (*g* Fig. 141.) bilden die vorzüglichsten Beuger des Vorderarmes. Sie können noch in einzelnen Fällen von dem langen Rückwärtswender (Supinator longus s. Bra-

chioradialis) (*k* Fig. 141.), dem innern Speichenmuskel (Flexor carpi radialis) (*n* Fig. 141.), dem runden Vorwärtswender (Pronator teres) (*l* Fig. 141.) und bei befestigter Hand von den Speichenstreckern (Extensores radiales longus und brevis) und zum Theil dem Ellenbogenstrecker der Hand (Extensor carpi ulnaris) (*y* Fig. 139.) unterstützt werden. Der dreiköpfige Armmuskel (Triceps brachii) (*g h i* Fig. 138., *u* Fig. 139.) und der Knorrenmuskel (Anconeus quartus) (*k* Fig. 138., *v* Fig. 139.) besorgen die Streckung des Vorderarmes. Der Unter-Knorrenmuskel (Subanconeus) endlich wirkt auf die Kapsel des Ellenbogengelenkes

2906 Der runde (*l* Fig. 141.) und der viereckige Vorwärtsbeuger (Pronator teres und quadratus) stehen der Pronation und der lange (*l* Fig. 138., *w* Fig. 139., *k* Fig. 141.) und der kurze Rückwärtswender (*β* Fig. 139.) (Supinator longus und brevis) der Supination vor. Diese wird noch durch die Thätigkeit des zweiköpfigen Armmuskels (*f* Fig. 141.) begünstigt.

2907 Die acht Knochen der Handwurzel bilden zwei Reihen, von denen das Kahnbein, das Mondbein, das dreieckige und das runde Bein der oberen, das große und das kleine vieleckige, das Kopf- und das Hackenbein dagegen der unteren angehören. Günther[1]), der sich am Ausführlichsten mit der Prüfung dieser mannigfachen Gebilde und der gegenseitigen Verbindung derselben beschäftigt hat, unterscheidet sechs eigenthümliche Handwurzelgelenke, zu denen dann noch die Drehverbindung zwischen Ellenbogen und Speiche als siebentes Glied hinzukommt. Sie sind: das Volar-Flexionsgelenk, das die beiden Vorderarmknochen mit dem Kahnbein, dem Mondbein und dem dreieckigen Beine verbindet, das Carpal-Carpalgelenk, das die drei zuletzt genannten Knochen mit den vier Stücken der unteren Reihe der Handwurzelknochen vereinigt, das Erbsenbeingelenk zwischen dem dreieckigen und dem Erbsenbeine, das Carpal-Metacarpalgelenk, das sich zwischen der unteren Reihe der Handwurzelknochen und den vier letzten Mittelhandknochen hinzieht, das Wölbungsgelenk oder die Gelenkverbindungen, welche die Veränderung der Wölbung der Carpalbögen und der Hand möglich machen, und endlich das Carpal-Daumengelenk, das zwischen dem größeren vieleckigen Beine und dem Mittelhandknochen des Daumens angebracht ist.

2908 Die zahlreichen Bandmassen, welche diese vielgliedrige Verbindung begleiten, beschränken die Beweglichkeit auf das ihr nothwendige Maaß. Denken wir uns die Hand waagerecht gestellt, so kann sie hierbei nach unten gebeugt und nach oben gestreckt, nach der Ellenbogenseite oder nach der Speichenkante geneigt oder angezogen und abgezogen und endlich um ihre Längenachse gedreht oder pronirt und supinirt werden. Die Handwurzel ist endlich noch im Stande, sich zu wölben und abzuflachen. Je zwei ein-

---

[1]) G. B. Günther, Das Handgelenk in mechanischer, anatomischer und chirurgischer Beziehung dargestellt. Mit Zeichnungen von J. Milde. Hamburg, 1842. 8. Seite 11 — 32.

ander entsprechende Bewegungen lassen sich oft nur in sehr ungleichem Grade ausführen. Die Größe der Bogen wechselt aber in verschiedenen Personen in nicht unbedeutendem Maaße.

Das Volarflexionsgelenk betheiligt sich vorzugsweise bei der Beugung 2909
und Streckung der Hand, dieses und zum Theil das Carpal-Carpalgelenk bei der Abduction, vor Allem endlich das Letztere und in geringem Grade das Erstere bei der Abziehung. Das Drehgelenk, das zwischen der Speiche und dem Ellenbogen angebracht ist, und das Volarflexionsgelenk dienen der Pronationsbewegung. Alle Knochen betheiligen sich bei der Wölbung. Sie spricht sich aber an der oberen Reihe der Handwurzelgebilde und den Mittelhandknochen am Schärfsten aus.

Die kunstvolle Verbindung der eben betrachteten Knochen gewährt noch 2910
einen anderen Vortheil. Sollte die Hand nicht zu einer unbehilflichen dicken Masse entarten, so mußten die meisten Muskeln, welche deren einzelne Theile beherrschen, an ferne Punkte, vorzüglich an den Oberarm verlegt werden. Lange Sehnen waren deshalb nothwendig. Sie konnten aber nur mit Pünktlichkeit wirken, wenn ihnen die unebenen Stücke der passiven Bewegungswerkzeuge geeignete Leitungsfurchen darboten (§. 2574.).

Der Speichen- und der Ellenbogenbeuger (Flexores carpi 2911
radialis und ulnaris) (*n* Fig. 141., *q* Fig. 141., *m* Fig. 138., *x* Fig. 139.), so wie der lange Hohlhandmuskel (Palmaris longus) (*o* Fig. 141.) beugen die Hand. Die Finger- und der lange Daumenbeuger (Flexores digitorum communes sublimis und profundus, Flexor pollicis longus) (*p* Fig 141.) können diese Ortsveränderung unterstützen. Die Speichen- und der Ellenbogenstrecker der Hand (Extensores carpi radiales longus und brevis, Extensor carpi ulnaris) (*m* Fig. 141., *γ* Fig. 139., *n* Fig. 138., *y* Fig. 139.) nähern die Rückenfläche der Hand der Streckfläche des Vorderarmes. Die verschiedenen Fingerstrecker (Extensor digitorum communis, Extensores pollicis longus und brevis, Extensor indicis proprius longus, Extensor digiti minimi) (*p* Fig. 138., *α* Fig. 139., *r* Fig. 138., *z* Fig. 139., *o* Fig. 138.) sind auch hier im Stande, die Hand in der gleichen Richtung verrücken zu helfen.

Die Anziehung oder die Kantenbeugung, die nach der Ellenbogenseite 2912
gerichtet ist, hängt von dem Beuger (*q* Fig. 141.) und dem Strecker des Ellenbogentheiles der Hand (*n* Fig. 138., *y* Fig. 139.) (Flexor und Extensor carpi ulnaris), die Abziehung dagegen von dem Speichenbeuger (Flexor carpi radialis) (*n* Fig. 141.), den Speichenstreckern (Extensores carpi radiales) (*γ* Figur 139.) und zum Theil dem langen Daumenabzieher (Abductor pollicis longus) (*q* Fig. 138.) ab. Die Drehbewegungen rühren ursprünglich von den Pronatoren und Supinatoren, die schon §. 2906. bei Gelegenheit des Vorderarmes erwähnt worden sind, her. Erreichen sie aber ihren höchsten Grad von Vollständigkeit, so nehmen auch Muskeln des Oberarmes und andere des Vorderarmes Antheil, um den Ausschlag, der sich an der Hand kundgiebt, so sehr es angeht, zu vergrößern. Der Unterschulterblattmuskel (Subscapularis), der größere runde Armmuskel (Teres

major) (*m* Fig. 139.), der Speichenbeuger (Flexor carpi radialis) (*n* Fig. 141.), der Ellenbogenstrecker (Extensor carpi ulnaris) (*y* Fig 139.) oder nach Anderen der Ellenbogenbeuger (Flexor carpi ulnaris) (*x* Fig. 139., *q* Fig. 141.), die Fingerbeuger (Flexores digitorum communes) (*p* Fig. 141.) und der Daumenanzieher (Adductor pollicis) (*u* Fig. 141.) können sich bei der Pronation, die Gräthenmuskeln (Supraspinatus und Infraspinatus) (*i k* Fig. 139.), der kleinere runde Armmuskel (Teres minor) (*l* Fig. 139.), der Hackenarmmuskel (Coracobrachialis) (*h* Fig. 141.), der zweiköpfige Armmuskel (Biceps brachii) (*f* Fig. 141.), der Knorrenmuskel (Anconaeus) (*k* Fig. 138., *v* Fig. 139.), die Speichenstrecker (Extensores carpi radiales longus und brevis) (*m* Fig. 141., *y* Fig. 139.) und der Daumenabzieher (Abductor pollicis longus) (*q* Fig. 138.) bei der Supination nach Verschiedenheit der Verhältnisse betheiligen.

2913 Der lange Hohlhandmuskel (Palmaris longus) (*o* Fig. 141.) spannt zunächst die Sehnenhaut der Hohlhand an. Er kann aber zugleich die Beugung der ganzen Hand unterstützen. Der kurze Hohlhandmuskel (Palmaris brevis) (*α* Fig. 141.) scheint die Haut der Hand zu falten und vorzüglich bei dem Hohlmachen der Letzteren zu wirken.

2914 Die Menschenhand verdankt einen ihrer Hauptvorzüge der eigenthümlichen Stellung und der freien Beweglichkeit ihres Daumens. Der Verlust dieses Theiles verstümmelt daher mehr, als der von mehreren Fingern. Die Gelenkeinrichtung verräth schon diesen Vorzug. Straffe Gelenke oder Amphiarthrosen verbinden die Mittelhandknochen der vier äußeren Finger mit der unteren Reihe der Handwurzelknochen. Die Beweglichkeit fällt hierdurch an dem unteren Ende des Mittelhandbeines des Zeigefingers fast gänzlich hinweg. Sie nimmt zwar nach dem kleinen Finger zu, bleibt jedoch immer unbedeutend. Der Mittelhandknochen des Daumens dagegen lenkt sich freier mit dem großen vieleckigen Bein ein, so daß nicht bloß die Beugung und Streckung, sondern auch die Anziehung und die Abziehung und ein gewisser Grad von Drehung möglich wird. Die einzelnen Knochenstücke des Daumens vergrößern hierbei den Ausschlag, indem sie als Zeiger wirken.

2915 Die ersten Phalangen der vier äußeren Finger verbinden sich mit ihren Mittelhandknochen durch beschränkte Arthrodieen, der Daumen dagegen mit dem seinigen durch ein Winkelgelenk. Jene gestatten daher einen gewissen Grad von Drehung außer der Beugung und Streckung, der Daumen aber diese allein.

2916 Die Gelenke, welche die einzelnen Phalangen aller vier Finger vereinigen, bilden bloße Charniere, die nur Streckung und Beugung gestatten. Sie wird noch durch eine Nebeneinrichtung zweckmäßig beschränkt. Die Masse der Finger selbst macht nur einen bestimmten Grad der Volarbeugung möglich. Die Streckung dagegen wird verhältnißmäßig noch früher gehemmt, indem die sogenannten queren und die seitlichen Bänder hindernd in den Weg treten. Die Finger können daher nicht nach rückwärts über-

schlagen. Sie werden so in den Stand gesetzt, den nöthigen Widerstand dem Drucke, der von der Volarfläche aus wirkt, entgegenzusetzen.

Der Daumen erfreut sich auch hier des Vorzuges, daß sich seine Rückenfläche auszuhöhlen vermag.

Der kurze Daumenbeuger (Flexor pollicis brevis) (*t* Fig. 141.), 2917
den auch zum Theil der kurze Abzieher (Abductor pollicis brevis) (*s* Fig. 141.) unterstützen kann, beugt das erste Glied des Daumens; die Streckung dagegen wird von dem kurzen Daumenstrecker (Extensor pollicis brevis) (*r* Fig. 138.) besorgt. Der lange Daumenbeuger (Flexor pollicis longus) und die beiden Daumenstrecker (Extensores pollicis longus und brevis) (*s* Fig. 138., *α* Fig. 139., *r* Fig. 138.) leisten die gleichen Dienste für das Nagelglied. Der Anzieher (Adductor pollicis) (*u* Fig. 141.) vollführt die Anziehung und die Abzieher (Abductores pollicis longus und brevis) (*q* Fig. 138., *δ* Fig. 139., *s* Fig. 141.) die Abziehung. Der Gegensteller (Opponens pollicis) (*r* Fig. 141.) und zum Theil der kurze Daumenbeuger (Flexor pollicis brevis) (*t* Fig. 141.), so wie der kurze Abzieher (Abductor pollicis brevis) (*s* Fig. 141.) können den Daumen nach innen, der lange Abzieher (Abductor pollicis longus) (*q* Fig. 138., *δ* Fig. 139.), der lange Daumenstrecker (Extensor pollicis longus) (*s* Fig. 138., *α* Fig. 139.) und zum Theil der kurze Daumenstrecker (Extensor pollicis brevis) (*r* Fig. 138.) dagegen nach außen führen.

Jeder der vier Spuhlwurmmuskeln (Lumbricales manus) (*v w* 2918
x y Fig. 141.) kann das erste Glied seines Fingers für sich beugen, so daß der Zeige-, der Mittel-, der Ring- oder der kleine Finger allein diese Ortsveränderung vorzunehmen vermag. Die ersten Fingerphalangen werden überdieß noch oft in ähnlicher Weise von den Sehnen der Fingerbeuger fortgezogen. Die zweiten gehorchen den Sehnen der beiden Fingerbeuger (Flexores digitorum communes sublimis s. perforatus und profundus s. perforans) und die dritten denen des tiefen Fingerbeugers (Flexor digitorum communis profundus). Es ist jedoch den meisten Menschen unmöglich, die Nagelglieder irgend bedeutend zu beugen, ohne daß die mittlere Phalanx nachfolgt. Es erfodert schon eine gewisse Kunstfertigkeit, das dritte Glied einzelner Finger, wenn es gewaltsam rechtwinkelig eingeknickt ist, in dieser Lage frei zu erhalten.

Der Wille übt eine sehr ungleiche Herrschaft auf die einzelnen Ab- 2919
theilungen der Fingerbeuger aus. Wir können den Zeige-, den Mittel- und den Ringfinger gesondert beugen. Versuchen wir aber dasselbe mit dem kleinen Finger, so folgt sogleich der Ringfinger nach. Mittel- und Ringfinger werden zusammen gebogen, ohne daß die übrigen Finger die gleiche Stellung einnehmen. Der Ringfinger gesellt sich aber oft unwillkührlich zu dem Zeige- und dem kleinen Finger. Der Zeige- und der Mittelfinger ziehen leicht den Ringfinger nach sich [1]).

Die Streckung des Zeigefingers besorgen die entsprechenden Sehnen des 2920

[1]) Theile, in Müller's Archiv. 1839. S. 420. u. a. a. O. S. 269.

gemeinsamen Fingerstreckers (Extensor digitorum communis) (*p* Fig. 138.) und des ihm eigenen Streckers (Extensor indicis proprius) (*z* Fig. 139.). Der erste innere Zwischenknochenmuskel (Interosseus internus s. volaris primus), die erste Sehne des oberflächlichen Fingerbeugers (Flexor digitorum sublimis) (*p* Fig. 141.) und zum Theil der eigenthümliche Strecker (Extensor indicis) (*z* Fig. 139.) neigen den Zeigefinger gegen den Mittelfinger, der erste äußere Zwischenknochenmuskel (Interosseus externus s. dorsalis primus) und die entsprechende Sehne des Fingerstreckers (Extensor digitorum communis) (*p* Fig. 138.) dagegen führen ihn nach dem Daumen hin.

Die zweite und dritte Sehne des gemeinsamen Fingerstreckers (Extensor digitorum communis) (*p* Fig. 138.) beherrschen den Mittel- und den Ringfinger. Der Zug des Mittelfingers gegen den Ringfinger steht unter dem Befehle des dritten äußeren Zwischenknochenmuskels (Interosseus externus tertius) und der des letzteren gegen den ersteren unter dem des zweiten inneren Zwischenknochenmuskels (Interosseus internus secundus) (ε Fig. 139.). Der oberflächliche Fingerbeuger (*p* Fig. 141.) unterstützt bisweilen diese und der Fingerstrecker (Extensor digitorum communis) (*p* Fig. 138) jene Bewegungsweise.

Der kleine Finger besitzt noch besondere Beugemuskeln. Der kleine Fingerbeuger (Flexor brevis digiti minimi), den noch der Abzieher (Abductor digiti minimi) unterstützen kann, wirkt auf das erste Glied. Die Streckung ist eben so noch einem besonderen Strecker (Extensor digiti minimi) (*o* Fig. 138.) übertragen. Der dritte innere Zwischenknochenmuskel (Interosseus internus tertius) nähert ihn dem Ringfinger, während ihn der Abzieher (Abductor digiti minimi) von diesem entfernt. Der Anzieher (Adductor digiti minimi) (*z* Fig. 141.) führt ihn nach innen und gegen den Daumen hin. Der Ringfinger nähert sich dem kleinen Finger vermittelst des vierten äußeren Zwischenknochenmuskels (Interosseus externus quartus).

Die inneren Zwischenknochenmuskeln (Interossei interni s. volares), der Gegensteller des Daumens (Opponens pollicis) (*r* Fig. 141.) und der Anzieher des kleinen Fingers (Adductor digiti minimi) (*z* Fig. 141.) machen die Hand hohl. Die Haut faltet sich hierbei von selbst. Der kleine Hohlhandmuskel (Palmaris brevis) (*α* Fig. 141.) vermag jedoch diese Veränderung zu unterstützen.

Die Abzieher des Daumens (Abductores pollicis longus und brevis) (*q* Fig. 138., δ Fig. 139., *s* Fig. 141.), der des kleinen Fingers (Abductor digiti minimi) und die äußeren Zwischenknochenmuskeln (Interossei externi), vorzüglich der erste und der vierte, spreizen die Finger aus einander. Die Anzieher des Daumens und des kleinen Fingers (Adductor pollicis und Adductor digiti minimi) (*u* und *z* Fig. 141.), so wie die inneren Zwischenknochenmuskeln (Interossei interni) nähern sie einander. Die letzteren Muskeln und die Fingerbeuger schließen die Faust [1]).

[1]) Krause, a. a. O. S. 469.

Die folgende Tabelle liefert ein Verzeichniß der vorzüglichsten Wirkungen, welche die Muskeln des Armes liefern. Ich habe in ihr die Hauptbewegungen ihren antagonistischen Verhältnissen nach verzeichnet, um auf diese Weise die Anwendung für die Beurtheilung der gesunden und der krankhaften Stellungen der Theile zu erleichtern.

Theil.	Wirksame Muskeln.	Thätigkeit der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Gegenfüßler der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
Schlüsselbein.	Cucullaris. (Pars clavicularis Sternocleidomastoidei).	Nach oben.	Subclavius. (Pectoralis major). (Deltoideus).
Schulterblatt.	Levator scapulae. Rhomboidei major u. minor.	Nach oben und zum Theil nach innen.	Serratus anticus. (Pectoralis minor). (Coracobrachialis). (Latissimus dorsi).
	Oberer Theil des Cucullaris.	Nach oben.	Unterer Theil des Cucullaris.
Oberarm.	Deltoideus. Supraspinatus. (Caput longum bicipitis). (Coracobrachialis?).	Nach oben.	Pectoralis major. Teretes major u. minor. Subscapularis. Latissimus dorsi. (Caput breve bicipitis). (Caput longum tricipitis). (Coracobrachialis?).
	Vordere Abtheilung des Deltoideus. Pectoralis major. Coracobrachialis.	Nach vorn.	Hintere Portion des Deltoideus. Teres major. Latissimus dorsi.
	Subscapularis. Teres major. Pectoralis major. (Latissimus dorsi).	Drehung nach innen.	Infraspinatus. Supraspinatus. Teres minor. (Coracobrachialis?).
Vorderarm.	Biceps brachii. Brachialis internus. (Supinator longus s. Brachioradialis). (Flexor carpi radialis). (Pronator teres). (Extensor carpi radialis longus).	Beugung.	Triceps brachii. Anconaeus quartus. (Extensores carpi radialis brevis und ulnaris).
	Pronator teres. Pronator quadratus. (Anconaeus quartus).	Pronation.	Supinatores longus u. brevis. (Biceps brachii).
Hand.	Flexores carpi radialis und ulnaris. Palmaris longus. (Flexores digitorum communes sublimis und profundus. Flexor pollicis longus).	Beugung.	Extensores carpi radiales longus u. brevis. Extensor carpi ulnaris. (Extensor digitorum communis. Extensores pollicis longus u. brevis. Extensor indicis proprius. Extensor digiti minimi).
	Flexor carpi ulnaris. Extensor carpi ulnaris.	Anziehung.	Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus u. brevis. Abductor pollicis longus.
	Pronator teres. Pronator quadratus. (Anconaeus quartus). Flexor carpi radialis. Extensor carpi ulnaris.	Pronation.	Supinatores longus u. brevis. (Biceps brachii). Flexor carpi ulnaris. Extensores carpi radiales longus u. brevis. Abductor pollicis longus.

Theil.	Wirksame Muskeln.	Thätigkeit der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Gegenfüßler der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
Daumen.	Flexor pollicis brevis. (Abductor pollicis brevis).	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor pollicis brevis (u. longus).
	Flexor pollicis longus.	Beugung des Nagelgliedes.	Extensor pollicis longus.
	Abductor pollicis.	Anziehung.	Abductores pollicis longus u. brevis.
	Opponens pollicis. (Abductor pollicis brevis ?).	Drehung und Zug nach innen.	Abductor pollicis longus. Extensor pollicis longus (u. brevis).
Zeigefinger.	Lumbricalis I. Flexores digitorum communes sublimis und profundus.	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor digitorum communis. Extensor indicis proprius.
	Flexores digitorum communes sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis profundus s. perforans.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Interosseus internus s. volaris I. Flexor digitorum communis. (Extensor indicis proprius).	Zug gegen den Mittelfinger.	Interossei externi s. dorsales I. (s. Abductor indicis Albini) u. II. Extensor digitorum communis.
Mittelfinger u. Ringfinger.	Lumbricales II. u. III. Flexores communes digitorum sublimis u. profundus.	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor digitorum communis.
	Flexores digitorum communes sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum profundus.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Interosseus dorsalis III.	Zug des Mittelfingers gegen den Ringfinger.	Interosseus volaris II. (Zug des Ringfingers gegen den Mittelfinger).
	Interosseus dorsalis IV.	Zug des Ringfingers gegen den kleinen Finger.	Interosseus volaris III. (Zug des kleinen Fingers gegen den Ringfinger).
Kleiner Finger.	Lumbricalis IV. Flexor digiti minimi brevis. (Abductor digiti minimi). Flexores communes digitorum sublimis u. profundus.	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor digitorum communis. Extensor digiti minimi.
	Flexores communes digitorum sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis profundus s. perforans.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Abductor digiti minimi.	Abziehung.	Adductor s. Opponens digiti minimi (zugleich geringere Rollung gegen die Hohlhand).

Die krankhaften Stellungen der Hand und der Finger können nicht bloß von der Verkürzung der Muskeln, sondern auch von der der Sehnen und der Sehnenhäute herrühren. Viele Menschen sind nicht im Stande, die vier Finger oder auch nur den kleinen Finger vollkommen gerade zu strecken. Die sehnigte Ausbreitung der Hohlhand und deren bis zu den Nagelphalangen reichende Fortsetzung führen oft zu krankhaften Formverhältnissen mittelst ihrer ungewöhnlichen Längenabnahme.

Ueber. die regelwidrigen Stellungen der Klumphände und die dabei vorzugsweise betheiligten Muskeln (Flexores und Extensores carpi et digitorum und palmaris longus) s. Günther in seinem §. 2907. angeführten Werke und in Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. VI. Leipzig, 1842. 8. S. 343. 344.

Krümmungsbogen der einzelnen Armbewegungen. — Das 2921
Verfahren, das zur Ermittelung der Krümmungsverhältnisse der Wirbelsäule diente (§. 2861.), kann auch hier und an der unteren Extremität gebraucht werden. Man bezeichnet sich den Anfang, das Ende und einen in dem Verlaufe liegenden Punkt des Krümmungsbogens auf einer untergelegten Tafel. Diese Orte reichen hin, den Bogen zu bestimmen und die Winkelgröße desselben zu finden. Anhang Nr. 119.

Stellen wir die Werthe, die ich auf diese Weise an Anderen und 2922
mir gefunden habe, zusammen, so ergiebt sich, daß im Allgemeinen der Oberarm im Schultergelenke um $^5/_9$ eines Kreises gehoben, um $^1/_6$ rückwärts bewegt, um beinahe $^7/_{10}$ von hinten nach vorn und um einen ganzen Kreis trichterartig gedreht werden kann. Die Beugung und die Streckung des Vorderarmes umfaßt etwas weniger als $^2/_3$ und die Pronation und die Supination der Speiche und des Ellenbogens allein $^1/_4$ von 360°. Die Hand kann um $^1/_3$ bis $^{11}/_{24}$ eines Kreises gebeugt und gestreckt, um $^2/_9$ nach dem Rücken bewegt, um $^1/_9$ angezogen und um eben so viel abgezogen werden. Die Adduction beschreibt jedoch auch in vielen Menschen einen größeren Bogen, als die Abduction. Anhang Nr. 123.

Werden alle Stücke des Armskelettes zur Pronation und Supination zu Hilfe gezogen, so kann die mögliche Drehung den ganzen Kreis um $^1/_6$ überschreiten. Liegt dagegen das Ellenbogengelenk an dem Rumpfe an, so sinkt dieser Werth um die Hälfte von vier Rechten und noch tiefer.

Das untere Ende des Metacarpusknochens des Daumens dreht sich in einem ganzen Kreise. Der Daumen selbst kann um $^1/_4$ bis $^1/_3$ von 360° nach außen bewegt, seine erste Phalanx um etwas mehr als einen Rechten und seine zweite um 90° bis 110° gebogen werden.

Die ersten Fingerglieder bilden bei der stärksten Beugung einen Rechten, die zweiten 120° und die dritten wiederum 90°. Die Ab- und Anziehung der einzelnen Finger gegen einander schwankt im Allgemeinen zwischen $^1/_{10}$ und nicht vollkommen $^1/_6$ eines ganzen Kreises.

Die einzelnen Winkel und die ursprünglichen Stellungen der in Bewegung gesetzten Theile sind Anhang Nr. 123. verzeichnet.

Becken. — Da die oberen Extremitäten an dem Rumpfe wie seit- 2923
liche Nebenstücke hängen und in der Regel keinen Theil desselben zu tragen haben, so ist auch ein gewisser Grad von Beweglichkeit ihren Gürtelknochen, dem Schlüsselbeine und dem Schulterblatte verliehen. Sie dienen vorzüglich nur, die Thätigkeit der Arme zu vervielfältigen, zu erleichtern und zu sichern. Anders dagegen verhält es sich an den unteren Extremitäten. Sie sollen

den ganzen Oberkörper tragen. Ihre Gürtelstücke, die Sitzbeine (*e* Fig. 142.), die Schaambeine (*f* Fig. 142.) und die Darmbeine (*a* Fig. 142.) bilden daher einen breiten und festen Ring, in den sich hinten das Kreuzbein (*h* Fig. 142.) fest einkeilt.

2924 Die faserknorpelige Vereinigung des Heiligbeines (*h* Fig. 142.) mit jedem der Darmbeine (Symphysis sacro-iliaca) würde allein nicht hindern, daß die Wirbelsäule mit ihren großen Belastungen wankte und den Dienst der Füße erschwerte oder unmöglich machte. Starke Bänder (die Ligamenta sacro-iliaca vaga anteriora und posteriora, die Ligamenta ilio-sacra postica longa und brevia) sichern daher die Verbindung. Andere (die von den Querfortsätzen des letzten Lendenwirbels kommenden Ligamenta ileolumbalia superiora und inferiora) dienen hierbei als Ergänzungsstücke.

2925 Die gegenüber liegende lockere Verbindung der Schaambeine (Symphysis ossium pubis) wird ebenfalls von einzelnen Bandmassen (Ligamenta arcuata superius und inferius) unterstützt und vervollständigt. Starke Bänder, die sich noch kreuzweise von dem Heiligbeine und dem Steißbeine nach den Sitzbeinen hinziehen (Ligamenta tuberoso-sacrum und spinoso-sacrum) (Fig. 142. S. 317.) dienen als feste Anzugsstricke, welche jeder zu bedeutenden Erweiterung der unteren Beckenhöhle widerstehen.

2926 Der Rumpf gewinnt so eine breite und starke Unterlage, die mit Sicherheit von den unteren Extremitäten säulenartig getragen werden kann. Die beiden Pfannen sind an ihr seitlich symmetrisch angebracht, damit sich die Last, wenn kein Uebergewicht der einen Rumpfhälfte gestattet ist, gleichförmig vertheilt.

2927 Das Becken steht übrigens nicht waagerecht, sondern schief (*k* Fig. 136.). Der gerade Durchmesser der oberen Beckenöffnung (Conjugata), der sich von dem oberen Ende der Schaambeinfuge bis zum Vorgebirge des letzten Lendenwirbels und des Kreuzbeines hinzieht, bildet nach Naegelé 60° und nach den Gebrüdern Weber [1]) 63°30′ bis 64° an männlichen, 60° 30′ bis 65° an weiblichen ausgewachsenen und 61° bis 69° an unvollkommen entwickelten Personen. Der untere gerade Durchmesser, der von dem unteren Rande der Schaambeinsymphyse zu der Spitze des Steißbeines verläuft, hätte nach Naegelé 11°, nach Weber [2]) dagegen 6°45′ bis 27°18′ und im Durchschnitt aus 15 Bestimmungen 16°51′. Die Winkel, die mit der Lothrechten der Wirbelsäule gebildet werden, müssen um 90° größer ausfallen. Sie werden mithin 150 bis 159 für den oberen und 96° bis 117° für den unteren Beckenausgang betragen. Jener sieht dabei nach vorn und oben und dieser nach unten und hinten.

Es versteht sich von selbst, daß die feste Verbindung des Kreuzbeines mit den Beckenknochen eine größere Bedeutung für die Gleichgewichtsverhältnisse des Körpers als die Schaambeinsymphyse hat. Ist jene aufgehoben, so wird auch das freie Stehen und Gehen unmöglich gemacht. Der Mangel der Schaambeinvereinigung dagegen erzeugt nur einen eigenthümlichen unsicheren und schwankenden Gang (Bd. I. §. 1558.).

2928 Hüftgelenk. — Da die Last des Oberkörpers auf ihm bei dem Gehen, Laufen und Springen mit Sicherheit ruhen soll, so mußte es Fe-

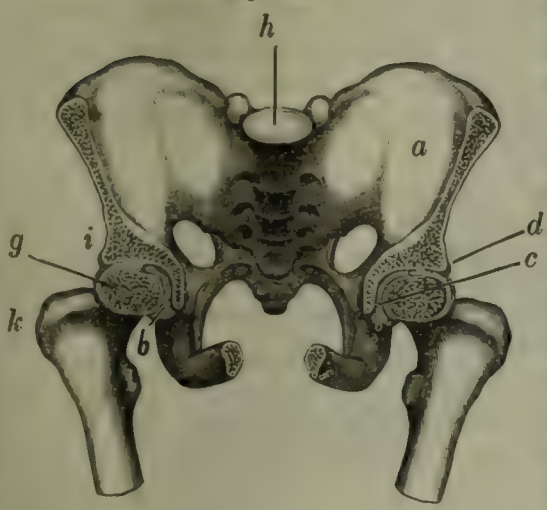
[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 125. u. 129. [2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 126.

stigkeit mit einem beschränkteren Maaße freier Beweglichkeit vereinigen. Die lockere Verbindung des Schultergelenkes (§. 2900.) ging daher hier in ein kräftiges und vollständiges Nußgelenk über.

Die Pfannenvertiefung und der Schenkelkopf bilden fast vollkommene 2929
Kugelflächen, die nur an der Pfannengrube, dem Pfannenausschnitte und der Vertiefung des Schenkelkopfes unterbrochen werden. Rechnet man die Anhang Nr 103.
beiderseitigen Knorpelüberzüge hinzu, so weichen die Halbmesser der beiden Kugelflächen so wenig von einander ab, daß nur ein sehr schmaler, mit Gelenkflüssigkeit gefüllter Raum zwischen den vollkommen an einander gefügten Theilen übrig bleiben kann.

Ein nachgiebiges faserknorpeliges Ringstück (Labrum cartilagineum), 2930
(Fig. 142.), vervollständigt noch die Halbkugel der Pfanne *c d*. Es ist biegsam genug, um in beschränktem Grade nachzugeben, es besitzt aber auch anderseits hinreichende Festigkeit, um in jedem Falle den Schenkelkopf zurückzuhalten. Weicht dieser so aus, daß sich der luftdicht geschlossene Innenraum der Gelenkhöhle zu vergrößern sucht, so drängt es sich etwas nach innen und verhütet es, daß sich fremdartige Weichgebilde einzuzwängen suchen. W. und Ed. Weber [1]) verglichen daher diese Thätigkeit mit der eines Ventiles.

Fig. 142.



Der luftdichte Verschluß des Hüftgelenkes gewährt noch den Vortheil, 2931
daß die Pfannenvertiefung *b c d* Fig. 142. den Oberschenkelkopf *g* in einer geringeren Ausdehnung zu umfassen braucht. Ein Kugelabschnitt von ungefähr 180° genügt hier. Unsere künstlichen Nußgelenke dagegen haben meist eine ausgedehntere Umfassung nöthig, weil in ihnen der Kopf mechanisch und nicht durch den Druck der Atmosphäre zurückgehalten wird (Bd. I. §. 177.). Es versteht sich aber von selbst, daß die Natur durch ihre Einrichtung an Beweglichkeit gewinnt, ohne an Sicherheit zu verlieren.

Mehrere Nebengebilde verstärken noch die Kapselhaut des Hüftgelenkes. 2932
Ein Ringband (Zona orbicularis), das von dem unteren vorderen Höcker des Darmbeines ausgeht, zwei Verstärkungsbündel von dem Pfannenrande empfängt und den Schenkelkopf schlingenartig umfaßt, hält ihn am Pfannengelenke, so wie das Bein stark gestreckt wird. Da die Pfannen selbst seitlich angebracht sind und die Hüftverbindung nur von Weichgebilden äußerlich bedeckt wird, so sucht die Last des Körpers die Oberschen-

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 134.

kelköpfe nach außen zu treiben und aus ihrer Gelenkgrube zu entfernen. Das obere Band (Ligamentum superius) verhütet jeden Nachtheil. Es bildet eine sehr starke, dreieckige Fasermasse, die sich nach außen hin verbreitert und von dem vorderen unteren Höcker des Darmbeines (hinter *i* Fig. 142.) nach dem Raume zwischen dem großen Rollhügel *k* und der zwischen beiden Rollhügeln *k* und *l* sich hinziehenden Linie verläuft. Seine dünnsten Stellen sind noch nach Weber[1]) dicker, als das Kniescheibenband oder die Achillessehne. Die Betrachtung der Figur ergiebt, daß es dem nach außen gerichteten Drucke entgegenwirkt. Es sichert daher die Tragkraft der Schenkel und beschränkt die Bewegungen derselben, wenn sie sich zu sehr nach der entgegengesetzten Seite ausdehnen wollen.

2933 Das runde Band (Ligamentum teres), bei *b* Fig. 142., geht von der Kopfgrube des Schenkelbeines nach dem mit Fett ausgepolsterten Pfannenausschnitte. Es bildet nach Weber[2]) einen senkrechten Bogen, wie es Fig. 142. andeutet, bei aufrechter Stellung und hemmt den Zug des Oberschenkels von oben, dient aber nicht etwa, um den Schenkelkopf in der Pfanne aufzuhängen.

Die regelrechten Verhältnisse setzen voraus, daß die beiden Hüftgelenke in derselben Höhe liegen und gleich weit von der Mitte abstehen. Ist dieses nicht der Fall, so wird auch die Symmetrie der beiden, sonst gleich langen Beine aufgehoben sein. Rhachitische, Buckelige oder andere Menschen, deren Becken verbogen ist, gehen daher nicht selten lahm, ohne daß die Längenabweichungen der Extremitäten den einzigen oder selbst nur den vorzüglichsten Grund ihrer Krankheit bedingen.

Verrenkungen entfernen häufig den Oberschenkelkopf aus dem Hüftgelenke. Das freiwillige Hinken schließt nicht selten mit der gleichen Erscheinung. Der Kopf des Oberschenkels gelangt dann meist auf die Außenfläche des Darmbeines. Die Ferse der leidenden Seite steht deshalb bedeutend höher. Die Zehen erreichen nur mit Mühe den Fußboden oder bleiben immer von ihm entfernt. Eine unvollständige Pfanne gräbt sich an dem Darmbeine aus und wird oft noch durch Knochenausschwitzungen der Nachbarschaft vervollständigt (vergl. Bd. I. S. 718.). Der Schenkelhals verkürzt sich häufig. Die Rollhügel werden ebener. Ein großer Theil dieser Veränderungen hängt von der Art und Weise ab, wie der Kranke sein leidendes Glied gebraucht, ob er frei geht oder nicht.

Man beobachtet häufig, daß sich ein Bein, das an freiwilligem Hinken zu leiden anfängt, nicht verkürzt, sondern verlängert. Der vordere und obere Höcker des Darmbeinkammes steht von der Ferse an der leidenden Seite weiter, als an der gesunden ab. Der Unterschied fällt bei dem Liegen deutlicher, als bei dem Stehen auf. Die heftigen Schmerzen, welche die späteren Entwickelungszustände der Krankheit begleiten, die ausgedehnten Zerstörungen der Knochen, die weit verbreiteten Eiterungen, fehlen in der Regel noch. Der Gebrauch starker Gegenreize, wie des Glüheisens oder ausgedehnter künstlicher Vereiterungen der Gesäßhaut, beseitigen bisweilen die Verlängerung. Manche Schriftsteller[3]) leiten sie daher von Ergüssen, welche sich in dem Pfannengelenke verbreiten, her. Spritzt man Flüssigkeiten in das Hüftgelenk der Leiche, so kann man hierdurch den Schenkelkopf aus seiner gewöhnlichen Lage entfernen.

2934 Muskeln des Oberschenkels. — Die Muskeln, welche über das Hüftgelenk hinweggehen, haben häufig Gelegenheit, vielseitig zu wirken. Sie können das Becken und mit ihm den Oberkörper, wenn die

---

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 139.
[2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 145.
[3]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 154 — 157. u. Pariset, in Schmidt, Jahrbücher der Medicin. Bd. 40. Leipzig, 1843. 8. S. 74 fgg.

Schenkel festgestellt sind, nach vorn oder nach hinten neigen und sich so bei dem Bücken, dem Aufstehen und ähnlichen Gelegenheiten betheiligen. Geht aber ihre Thätigkeit von dem Becken aus, so führen sie den Oberschenkel mit sich fort. Ihre Arbeit gewinnt noch dadurch an Mannigfaltigkeit, daß manche von ihnen, wie der gerade Schenkelmuskel (Rectus femoris) (*e* Fig. 143.), der halbsehnige (Semitendinosus) (*w*

Fig 143.

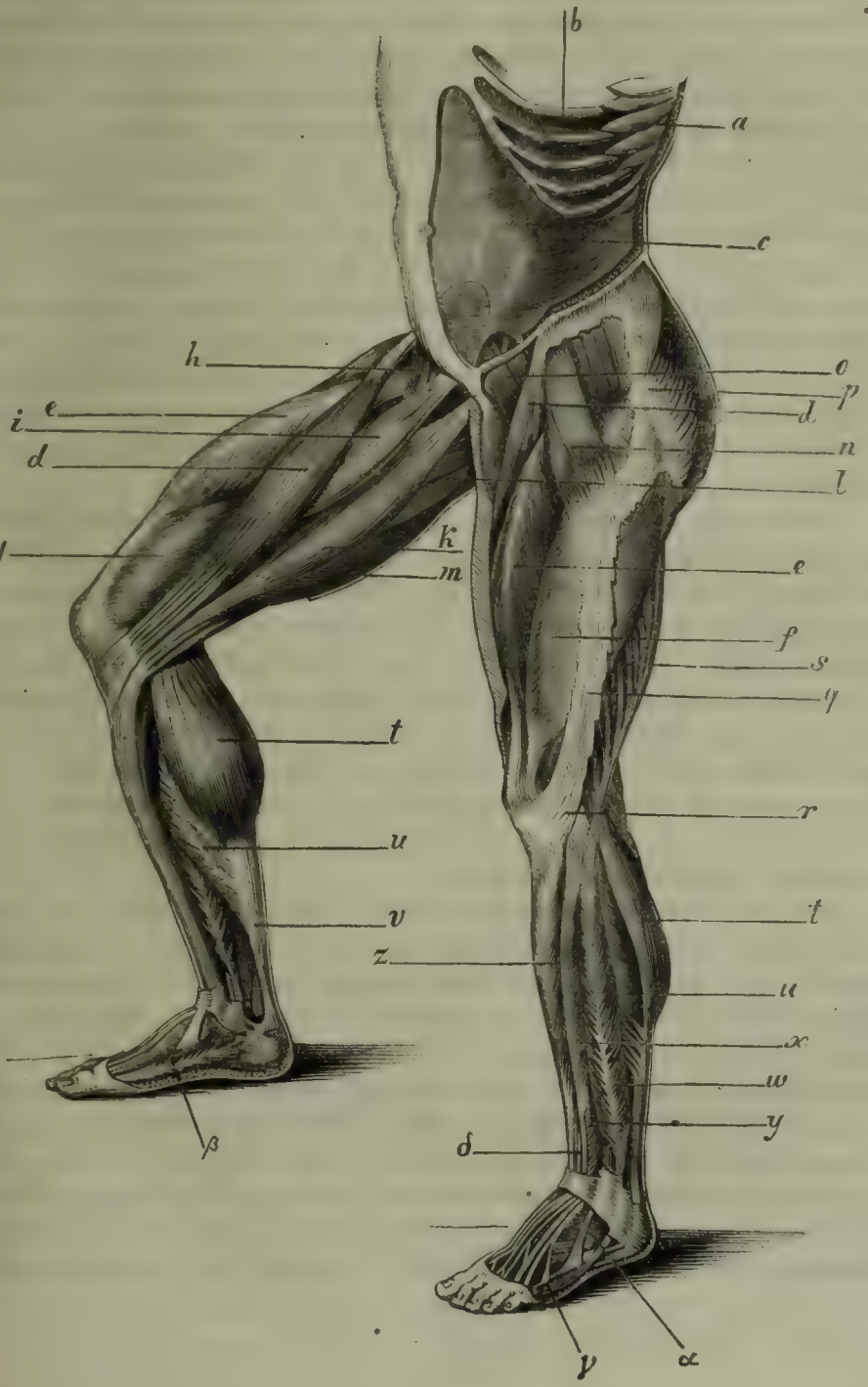


Fig. 138.), der halbhäutige (Semimembranosus) (*y* Fig. 138., *m* Fig. 143.), der Schneidermuskel (Sartorius) (*d* Fig. 143.), der schlanke Schenkelmuskel (Gracilis) (*x* Fig. 138., *k* Fig. 143.) und die lange Abtheilung des zweiköpfigen Schenkelmuskels (Caput longum bicipitis) (*s* Fig. 143.) das Kniegelenk überschreiten und so den Unterschenkel beherrschen.

2935 Bilden die Oberschenkel die festen Ausgangspunkte, so können das Becken und der Rumpf nach vorn gebeugt, nach hinten gestreckt und nach der einen Seite geneigt oder gedreht werden. Der Schenkelbeuger (Flexor femoris) (*h* Fig. 143.) oder die Verbindung des Lenden- und des Darmbeinmuskels (Psoas major und Iliacus internus) übernehmen die Beugung. Der gerade Schenkelmuskel (Rectus femoris) (*e* Fig. 143.), der Kammmuskel (Pectineus) (*o* Fig. 143.), die Anzieher (Adductores femoris) (*l i* Fig. 143.), der Schneidermuskel (Sartorius) (*d* Fig. 143.), vielleicht selbst der Spanner der Schenkelbinde (Tensor fasciae latae) (*n* Fig. 143.) und selbst der vordere Theil des mittleren und der kleine Gesäßmuskel (Glutaei medius und minimus) (*η λ* Fig. 143.) können diese Bewegungsweise unterstützen. Zieht sich der Rippenkorb bei der Beugung des Oberkörpers herab, so betheiligen sich noch die schiefen (*e* Fig. 129., *γ* Fig. 141.) und mehr oder minder die geraden (*δ* Fig. 139.) und die queren Bauchmuskeln (*c* Fig. 143.), so wie die viereckigen Lendenmuskeln.

2936 Die Streckung des nach vorn geneigten Beckens gehört dem großen, dem mittleren u. z. Thl. dem kleinen Gesäßmuskel (Glutaei) (*u v* Fig. 138., *p* Fig. 143., *η λ* Fig. 139.) an. Als Hilfswerkzeuge sind möglicher Weise der untere Theil des großen Anziehers (Adductor magnus) (*l* Fig. 143.), der halbsehnige (Semitendinosus) (*w* Fig. 138.), der halbhäutige Muskel (Semimembranosus) (*y* Fig. 138., m Fig. 143.), die lange Abtheilung des zweiköpfigen Muskels (Bicepos femoris) (*s* Fig. 143.), der birnförmige Muskel (Piriformis s Iliacus externus) (*ϑ* Fig. 139.), der viereckige Schenkelmuskel (Quadratus femoris) (*ϰ* Fig. 139.) und der innere Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus) zu betrachten.

2937 Neigt sich der Rumpf nach der einen Seite, so arbeiten der mittlere und der kleinere Gesäßmuskel (Glutaei medius u. minimus) (*v* Fig. 138., *η λ* Fig. 139.) der einen und die schiefen Bauchmuskeln (Obliqui abdominis externus u. internus) (*e*, Fig. 138. *γ* Fig. 141.) und der viereckige Lendenmuskel (Quadratus lumborum) der anderen Körperhälfte. Dreht er sich nach vorn und innen, so verkürzen sich nach Krause[1]) der große Gesäßmuskel (Glutaeus maximus) (*u* Fig. 138., *p* Fig. 143.), der birnförmige Muskel (Piriformis) (*ϑ* Fig. 139.), die Zwillingsmuskeln (Gemelli), der innere Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus), der viereckige Schenkelmuskel (Quadratus femoris) (*ϰ* Fig. 139.), der obere Theil des großen Anziehers (Ad-

[1]) Krause, a. a. O. S. 465.

ductor magnus) (*l* Fig. 143.), die vordere Abtheilung des inneren Darmbeinmuskels (Iliacus internus) der vorgeschobenen und der vordere Theil des mittleren Gesäßmuskels (Glutaeus medius) (*η* Fig. 139.), der innere Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus), der Kammmuskel (Pectineus) (*o* Fig. 143.), der lange (*l* Fig. 143.) und der kurze Anzieher (Adductores longus u. brevis) der anderen Seite.

Geben die Wirkungen von dem Becken aus, so beugen der Lenden- 2938
und der Hüftbeinmuskel (Psoas major und Iliacus internus) (*h* Fig. 143.) den Oberschenkel. Der lange und der kurze Anzieher (Adductor longus et brevis) (*i* Fig. 143.), der obere Theil des großen Anziehers (Adductor magnus) (*l* Fig. 143.), der Kammmuskel (Pectineus) (*o* Fig. 143.) u. z. Thl. der Schneidermuskel (Sartorius) (*d* Fig. 143.), der gerade Schenkelmuskel (Rectus femoris) (*e* Fig. 143.) und der Spanner der Schenkelbinde (Tensor fasciae latae) (*n* Fig. 143.) können gleichzeitig mitwirken. Die Gesäßmuskeln und vorzüglich der größere (Glutaeus maximus) (*u* Fig. 138., *p*. Fig. 143.) dienen vor Allem der Streckung. Der innere Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus), die lange Abtheilung des zweiköpfigen Muskels (Caput longum bicipitis) (*z* Fig. 138. *s* Fig. 143.), der halbsehnige (Semitendinosus) (*w* Fig. 138.), der halbhäutige (Semimembranosus) (*y* Fig. 138., *m* Fig. 143.) und der schlanke Schenkelmuskel (Gracilis) (*x* Fig. 138., *k* Fig. 143) sind noch im Stande, sich bei dieser Gelegenheit zu betheiligen.

Die Anzieher (Adductores longus, magnus et brevis) (*i* Fig. 143.), 2939
der Kammmuskel (Pectineus) und der innere Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus), so wie z. Thl. das untere Stück des großen Gesäßmuskels (Glutaeus maximus) (*u* Fig. 138., *p* Fig. 143.) ziehen den Schenkel nach innen, der obere Theil des großen, der mittlere und der kleine Gesäßmuskel (Glutaei) (*u* Fig. 138. *p*, Fig. 143., *η λ* Fig. 139.), der Spanner der Schenkelhautbinde (Tensor fasciae latae) (*n* Fig. 143.) und z. Thl. der birnförmige Muskel (Piriformis (*ϑ* Fig. 139.) dagegen nach außen.

Der Vordertheil des mittleren Gesäßmuskels (Glutaeus medius) 2940
(*η* Fig. 139.) und der Spanner der Schenkelbinde (Tensor fasciae latae) (*n* Fig. 143.) rollen den Schenkel nach innen, der innere und der äußere Hüftbeinlochmuskel (Obturatores internus und externus) (*μ* Fig. 139.), der viereckige Schenkelmuskel (Quadratus femoris) (*ϰ* Fig. 139.), die Zwillingsmuskeln (Gemelli) (*ι* Fig. 139.), der birnförmige Muskel (Piriformis) (*ϑ* Fig. 139.), so wie der große und der kleine und die hintere Abtheilung des mittleren Gesäßmuskels (Glutaei) nach außen. Schlägt sich ein Oberschenkel über den andern, so wirken die Beuger (Psoas major und Iliacus internus) (*h* Fig. 143.) und die Anzieher (Adductores, Pectineus, Obturator internus und wahrscheinlich auch Sartorius und Gracilis). Die letzteren Muskeln übernehmen vermuthlich eine wesentliche Rolle. Oberschenkelamputirte können deshalb

auch diese Bewegung nicht vollständig vollführen, wenn selbst ihr Stumpf die nöthige Länge besitzt.

2941 **Kniegelenk.** — Die Beugung und die Streckung war am Ellenbogen anderen Gelenktheilen, als die Pronation und Supination übertragen. (§. 2904.) Beide Bewegungsarten hängen dagegen von einem Hauptgelenke im Kniee ab. Sie beschränken jedoch einander unter gewissen Verhältnissen. Erreicht nämlich die Streckung einen hohen Grad, so wird die Drehung unmöglich. Diese erlangt dagegen ihren bedeutendsten Spielraum, so wie sich der Unterschenkel stark gegen den Oberschenkel gebogen hat. Die scheinbare Unvollkommenheit hängt genau mit den Bestimmungen des Beines zusammen. Soll es den Rumpf säulenartig tragen, so mußte es einen festen Stab bilden, dessen Mittelstück jede seitliche Drehung im Kniee verbietet. Fällt diese Bedingung bei der Beugung hinweg, so konnte sich auch der Unterschenkel desselben Vortheils, wie der Vorderarm erfreuen.

2942 Die Gelenkkapsel des Kniees beschränkt nicht die Bewegungen desselben. Anders verhält es sich dagegen mit den verschiedenartigen Bändern. Die Seitenbänder bestimmen vorzüglich die Streckung, während die Kreuzbänder in dieser Hinsicht schwächer wirken. Schneidet man diese durch, so vergrößert sich zwar nach Weber [1]) der mögliche Streckungsgrad in geringem Maaße. Das Glied bewahrt aber noch immer einen großen Theil seiner Festigkeit in diesem Zustande. Es schlottert dagegen, so wie es im Kniee gebogen wird. Hat man die Seitenbänder, nicht aber die Kreuzbänder durchschnitten, so bleibt die frühere sichere Stellung bei der Beugung, sie fehlt jedoch für die Streckung.

2943 Bilden der Ober- und der Unterschenkel einen geraden Stab, so sind die Seitenbänder wie straffe Seile angezogen. Sie erschlaffen bei der Beugung in ungleichem Maaße. Das innere Seitenband ist dann gespannter, als das äußere. Der äußere Gelenkkopf des Oberschenkels kann sich hierbei in beschränktem Maaße um den inneren drehen. Die Pronation und die Supination wird auf diese Weise möglich gemacht.

2944 Der Unterschied, den die Seitenbänder darbieten, entspricht den Verhältnissen der Kreuzbänder. Hat man die Gelenkkapsel und die Seitenbänder entfernt, so findet man, daß die Drehung nach außen, gegen die Seite des Wadenbeines hin, von den Kreuzbändern selbst und zwar zuerst von dem vorderen und unmittelbar darauf auch von dem hinteren beschränkt wird. Wendet man dagegen das Schienbein nach innen, so wickeln sich die Kreuzbänder ab, gehen aus einander und hemmen erst dann, wenn der innere Gelenkhöcker des Oberschenkels auf dem hinteren Theile der äußeren Gelenkvertiefung des Schienbeines ruht. Der Bogen, der so beschrieben werden kann, beträgt ungefähr im Erwachsenen 110° bis 120°. Das innere Seitenband muß daher selbst bei der Beugung früher eingreifen, um die stärkere sonst mögliche Drehung nach innen zu beschränken. Die Wendung nach außen dagegen findet eher schon ein Hinderniß an den Kreuz-

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 178. 179.

bändern. Diese schreiben überdieß den Gelenkstücken des Oberschenkels ihren Weg vor und zwingen das innere, auf der inneren Gelenkvertiefung des Schienbeines zu schleifen, und das äußere, auf der äußeren zu rollen [1]).

Die halbmondförmigen Knorpel, die sich mit den Gelenkfortsätzen des 2945
Oberschenkels auf dem Schienbeine verschieben, wirken wie elastische Einlagplatten. Sie vertheilen den Druck, der sich auf das Gelenk überträgt, mildern ihn und verhüten das Wackeln der Knochen gleich einer Preßfeder [2]). Die Kniescheibe endlich bildet einen knöchernen verschiebbaren Deckel, der das Kniegelenk vorn beschützt und es befähigt, einen bedeutenden Grad von Druck von hier aus bei dem Knieen auszuhalten. Die Vortheile, die sie den Streckmuskeln des Unterschenkels darbietet, sind schon §. 2512. angegeben worden. Ueber die Nebenbeutel des Kniegelenkes s. §. 2535.

Das Kniegelenk beherrschende Muskeln. — Der zwei- 2946
köpfige Schenkelmuskel (Biceps femoris) (*z* Fig. 138., *s* Fig. 143.), der halbsehnige (Semitendinosus) (*w* Fig. 138.), der halbhäutige (Semimembranosus) (*y* Fig. 138., *m* Fig. 143.), der Kniekehlenmuskel (Popliteus) und selbst der Schneidermuskel (Sartorius) (*d* Fig. 143.) biegen den Ober- oder den Unterschenkel im Kniegelenke. Der Zwillingsmuskel (Gastrocnemius) (*β* Fig. 138., *t* Fig. 143.) kann den Oberschenkel nach unten führen, wenn die Ferse den festen Punkt liefert oder die beiden Ansätze des Muskels gleichzeitig nachgeben.

Die vorzüglichsten Strecker des Unterschenkels, der gerade Schen- 2947
kelmuskel (Rectus femoris) (*e* Fig. 143.), die beiden großen Schenkelmuskeln (Vasti externus und internus) (*fg* Fig. 143) und der tiefe Schenkelmuskel (Cruralis) bilden gewissermaßen nur eine vierköpfige Muskelmasse (§. 2633.) und arbeiten gemeinschaftlich an der Kniescheibe und dem Kniescheibenbande. Die Muskelstreifen, die man als unteren Schenkelmuskel (Subcruralis) anführt, können sie, so weit es ihre Kleinheit gestattet, unterstützen und die Gelenkkapsel emporziehen. Der Schneidermuskel (*d* Fig. 143.) ist vielleicht auch bisweilen im Stande, dem Unterschenkelstrecker zu helfen [3]).

Der Kniekehlenmuskel (Popliteus) (bei *γ* Fig. 138.), der Schneidermuskel (Sartorius) (*d* Fig. 143.), der schlanke (Gracilis) (*x* Fig. 138., *k* Fig. 143.) und der halbsehnige Muskel (Semitendinosus) (*w* Fig. 138.) drehen nach Krause [4]) den Unterschenkel nach innen, der zweiköpfige Schenkelmuskel (Biceps femoris) (*s* Fig. 143.) dagegen nach außen.

Fußgelenk. — Der Fuß kann ebenfalls der Vorderfläche des Un- 2948
terschenkels genähert oder gebeugt, von ihr entfernt oder gestreckt, angezogen, abgezogen und in beschränktem Maaße um seine längere Achse gedreht werden. Diese mannigfachen Bewegungen vertheilen sich aber auf verschiedene Gelenke. Das Sprungbein (*p* Fig. 136. S. 284.) liegt zwi-

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 180 — 190.
[2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 193.
[3]) Theile, a. a. O. S. 322.
[4]) Krause, a. a. O. S. 466.

schen dem inneren Knöchel des Schienbeines und dem äußeren tiefer hinabreichenden des Wadenbeines eingekeilt. Die Seitenbewegung wird hierdurch in hohem Grade beschränkt. Es kann dagegen die Aushöhlung des Schienbeines ein freies Spiel von vorn nach hinten und umgekehrt gestatten. Die Beugung und Streckung vermag daher so die größten Bogenabschnitte zu beschreiben.

2949 Wird die Fußspitze nach innen oder nach außen gewendet oder der Fuß an- und abgezogen, so dreht sich das Sprungbein (*p* Fig. 136.) in geringem Grade nach vorn oder hinten um den inneren Knöchel. Diese Bewegungsweise, welche der größten Beschränkung unterliegt, durch die ungleichen Verhältnisse der Bänder aber möglich gemacht wird [1]), verbindet sich mit Ortsverrückungen in den Gelenken, die zwischen dem Sprungbein (*p* Fig. 136.) und Kahnbein (*r* Fig. 136.) und zwischen dem Fersenbein (*o* Fig. 136.) und Würfelbein (*q* Fig. 136.) angebracht sind.

2950 Dreht sich endlich der Fuß um seine Längenachse, so daß sein innerer Rand hinauf- oder heruntergeht, wird er auf diese Weise pronirt oder supinirt, so arbeitet vorzüglich das Gelenk, welches das Sprungbein mit dem Fersenbeine verbindet. Das zwischen dem Sprungbeine (*p* Fig. 136.) und dem Kahnbeine (*r* Fig. 136.), so wie das zwischen dem Fersenbeine (*o* Fig. 136.) und dem Würfelbeine (*q* Fig. 136.) betheiligt sich nächst ihm. Ist die Beweglichkeit sehr groß, so können auch nach Krause die Verbindungen des Kahnbeines (*r* Fig. 136.) mit den Keilbeinen (*s* Fig. 136.) in Anspruch genommen werden. Die beiden zuletzt genannten Drehungen begleiten einander in den meisten Fällen.

2951 Die Fußwurzel- und die Mittelfußknochen bilden ein Gewölbe, in dessen nach unten gewandter Aushöhlung zahlreiche Knorpelmassen, Muskeln, Sehnen und Faserhäute einen sicheren Schutz finden. Sein äußerer kürzerer Bogen, der an der Seite der kleinen Zehe liegt, von dem Fersenbeine (*o* Fig. 136.), dem Würfelbeine (*q* Fig. 136.) und den Mittelfußknochen der vierten und der fünften Zehe (s. Fig. 136.) gebildet und unten durch das Fersen-Würfelbein- und das Würfelbein-Mittelfußband (Ligamenta calcaneo-cuboideum und Calcaneo-metatarseum) zusammengehalten wird, ist kürzer und niedriger, als der innere, dem das Fersenbein (*o* Fig. 136.), das Kahnbein (*p* Fig. 136.), die drei Keilbeine (*s* Fig. 136.), die Mittelfußknochen der drei ersten Zehen (s. Fig. 136.) und die bandartigen Tarsus-Metatarsusverbindungen des Hohlfußes angehören. Obgleich alle Theile des Gewölbes mit vieler Festigkeit vereinigt sind, so geben doch die Bandmassen dem Drucke des Körpergewichtes, wenn er lange Zeit auf ihnen lastet, in geringem Maaße nach. Der Fuß wird dann platter und breiter.

2952 Die Sohlenfläche gewinnt durch diese Einrichtung eine große Reihe von festen Berührungspunkten, ohne daß Knochengebilde den Boden an der ganzen Unterfläche bedecken. Die Reibung vergrößert sich hierbei.

---

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 209.

Sie reicht hin, das Stehen zu sichern. Das für jeden Fall nöthige Maaß der Nachgiebigkeit erhält sich aber noch unter diesen Verhältnissen.

Die einzelnen Stücke des Fußes und des Mittelfußes sind so innig 2953
mit einander verbunden, daß sie in vielen Fällen als ein unverrückbares Ganze wirken. Die Vorderseite verbindet sich dagegen gelenkig mit den ersten Zehenphalangen. Die vierte und die fünfte Zehe gestatten in dieser Hinsicht einen größeren Spielraum [1]). Der Fußballen kann sich deswegen frei heben, ohne daß sich dabei die Zehen betheiligen. Er stemmt immer gegen den Boden mit einer Reihe neben einander liegender Punkte.

Die einzelnen Glieder der Zehen haben im Wesentlichen die gleiche 2954
Einrichtung, wie die der Finger (§. 2914.), die große Zehe ist jedoch weit unbeweglicher, als der Daumen. Der Hauptvortheil, den dieser genießt, die freiere Bewegung nach innen und außen und die ausgedehntere Drehung, mangeln hier. Sie können selbst nicht durch die anhaltendste Uebung gelernt werden.

Obgleich die Zehen nur ausnahmsweise zum Greifen gebraucht werden 2955
(Bd. I. §. 77.), so gewährt doch ihre Beweglichkeit den Vortheil, daß sie sich mit einer nicht unbedeutenden Reihe beliebiger Punkte an den Boden anzuschmiegen im Stande sind. Da der auf dem Ballen emporgehobene Fuß seinen Hauptstützpunkt nach innen zu hat, so besitzen die Mittelfuß- und die Gliederknochen der großen Zehe einen größeren Umfang, als die der übrigen Zehen. Das Mittelfußbein der ersten Zehe erhält überdieß noch zwei Sesambeinchen, zwischen denen die Beugesehnen durchgehen. Das Ende des ersten Gliedes bekommt ein drittes zur Ergänzung. Wir haben so eine Reihe von Unterlagsstücken, welche die feste Berührung mit dem Boden sichern und die Reibung vergrößern. Die Sesamstücke, die an dem Würfelbeine und bisweilen auch an dem Sprungbeine und dem ersten Keilbeine vorkommen, nützen in ähnlicher Weise.

Muskeln, die den Fuß bewegen. — Schwebt der Fuß, so wird 2956
er von dem *vorderen Schienbeinmuskel* (Tibialis anticus) (z Fig. 143.) und dem *dritten Wadenbeinmuskel* (Peroneus tertius) gebeugt, von dem *dreiköpfigen Wadenmuskel* (Gastrocnemius und Soleus) (*tuv* Fig. 143.) und dem *Sohlenmuskel* (Plantaris) dagegen gestreckt. Der lange *gemeinschaftliche Zehenstrecker* (Extensor digitorum pedis communis longus) (*x* Fig. 143.) und der *lange Strecker der großen Zehe* (Extensor hallucis longus) (δ Fig. 143.) können noch die Beugung, der *hintere Schienbeinmuskel* (Tibialis posticus), die beiden *hinteren Wadenbeinmuskeln* (Peronei longus und brevis) (*wy* Fig. 143.), der *lange gemeinschaftliche Zehenbeuger* (Flexor digitorum pedis communis longus) und der *lange Beuger der großen Zehe* (Flexor hallucis longus) aber die Streckung unterstützen.

Kann der Fuß bei dem Stehen nicht nachgeben, so suchen die Mus- 2957
keln, die sonst als Beuger thätig sind, die Vorderfläche des Unterschenkels der Rückenseite des Fußes zu nähern. Die entgegengesetzte Wirkung kommt

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 212.

den Streckern zu. Der Zwillingsmuskel (Gastrocnemius) (*t* Fig. 143.) ist auch im Stande, den Oberschenkel zu beherrschen (§. 2946.).

2958 Der hintere Schienbeinmuskel (Tibialis posticus) wendet den Fuß nach innen, der lange und der kurze Wadenbeinmuskel (Peroneus longus und brevis) (*wy* Fig. 143.) dagegen nach außen. Die beiden Schienbeinmuskeln (Tibiales anticus und posticus) (*z* Fig. 143.) drehen den Fuß um seine Längenachse, so daß der Innenrand in die Höhe geht und die Fußsohle nach oben und innen gerichtet wird. Die drei Wadenbeinmuskeln (Peronei longus, brevis und tertius) (*wy* Fig. 143.) vollführen die entgegengesetzte Bewegung. Der quere Sohlenmuskel (Transversalis plantae) kann vielleicht der Abplattung des Fußes bei dem langen Stehen (§. 2951.) entgegenzuwirken suchen.

2959 Die Bestimmung der Muskeln der großen Zehe geht fast gänzlich in der Beugung und Streckung unter. Man vermißt daher hier jeden gesonderten Gegensteller und selbst der Anzieher und der Abzieher wirken nur in sehr beschränktem Maaße. Das erste Glied wird von dem kurzen Beuger (Flexor hallucis brevis) mit oder ohne die Nebenhilfe des langen Anziehers (Adductor longus) gebeugt. Der lange Beuger (Flexor hallucis longus) beugt beide Gelenke der großen Zehe und kann selbst auf die zweite oder die übrigen Zehen einwirken. Der lange Zehenstrecker (Extensor hallucis longus) (*ð* Fig. 143.) und die erste Sehne des kurzen Zehenstreckers (Extensor digitorum pedis brevis) (*α* Fig. 143.) arbeitet seiner Bewegungsrichtung entgegen. Der Abzieher der großen Zehe (Abductor hallucis) und die beiden Köpfe des Anziehers (Adductor longus und transversus pedis) (*β* Fig. 143.) beherrschen die Seitenwendung.

2960 Die vier Spuhlwurmmuskeln des Fußes (Lumbricales pedis) beugen die ersten, der kurze gemeinschaftliche Zehenbeuger (Flexor digitorum pedis communis brevis) die zweiten und der lange gemeinschaftliche Zehenbeuger (Flexor digitorum pedis communis longus) mit seinem Beimuskel (Caro quadrata Sylvii) die dritten oder alle Glieder der vier äußeren Zehen. Der lange und der kurze Zehenstrecker (Extensores digitorum pedis longus und brevis) (*x α* Fig. 143.) beherrschen die entgegengesetzte Bewegung. Der kurze zieht zugleich die Zehen etwas nach außen.

2961 Die kleine Zehe kann noch von ihrem eigenen kurzen Beuger (Flexor brevis digiti quinti) und ihrem Abzieher (Abductor digiti quinti) (*β* Fig. 143.) gebeugt werden. Jener zieht zugleich den äußeren Fußrand nach unten und innen, während dieser die kleine Zehe abzieht.

2962 Der erste innere Zwischenknochenmuskel (Interosseus pedis internus primus) zieht die zweite Zehe, der zweite (I. p. i. secundus) die dritte, der dritte (I. p. i. tertius) die vierte und der vierte (I. p. i. quartus) die kleine Zehe an. Der erste äußere Zwischenknochenmuskel (Interosseus externus primus) übernimmt die entgegengesetzte Bewegung für die zweite, der zweite (I. e. secundus) für die dritte und der dritte (I. e. tertius) für die vierte Zehe. Der besondere Abzieher

der kleinen Zehe (Abductor digiti quinti) (γ Fig. 143.) kann noch von dem dritten Wadenbeinmuskel (Peroneus tertius) unterſtützt werden.

Die folgende Tabelle giebt uns wiederum eine Ueberſicht der verſchiedenen Muskelgruppen, die ſich bei den Hauptbewegungen der unteren Extremität betheiligen. Die Muskeln, die ſich zu anderen Zwecken an das Becken anheften, ſind ſchon §. 2886. genannt worden.

Theil.	Wirkſame Muskeln.	Thätigkeit der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Gegenfüßler der in der zweiten Columne genannten Muskeln.
Becken (u. Rumpf).	Psoas major u. Iliacus internus. (Pectineus. Adductores longus und brevis und oberer Theil des Adductor magnus). (Sartorius). (Tensor fasciae latae). (Glutaei medius und minimus).	Beugung.	Glutaei maximus medius u. z. Thl. minimus. (Unterer Theil des Adductor magnus. Semitendinosus. Semimembranosus. Caput longum bicipitis). (Piriformis. Quadratus femoris.)
	Glutaei medius u. minimus. (Obliqui abdominis externus u. internus. Rectus abdominis. Quadratus lumborum). (Transversus abdominis).	Seitliche Neigung.	
	Glutaeus maximus. Piriformis. Gemelli. Obturator internus. Quadratus femoris. Oberer Theil des Adductor magnus. Vordertheil des Iliacus internus (Sartorius) der einen Seite.	Drehung nach vorn u. innen.	Glutaeus medius. Obturator internus. Adductores longus und brevis der entgegengeſetzten Seite.
Oberſchenkel.	Flexor femoris oder Psoas major und Iliacus internus. (Adductores longus und brevis. Oberer Theil des Adductor magnus. Pectineus). (Sartorius. Rectus femoris. Tensor fasciae latae).	Beugung.	Glutaei und beſonders Glutaeus maximus. (Obturator internus. Caput longum bicipitis. Semitendinosus. Semimembranosus. Gracilis).
	Adductores femoris longus, brevis und magnus. Pectineus. Obturator internus. (Untertheil des Glutaeus maximus).	Anziehung.	Oberer Theil des Glutaeus maximus. Glutaei medius und minimus. Tensor fasciae latae. (Piriformis).
	Vordertheil des Glutaeus medius. Tensor fasciae latae.	Drehung nach innen u. vorn.	Obturatores internus und externus. Quadratus femoris. Gemelli. Piriformis. Glutaei maximus und minimus und Hintertheil des Glutaeus medius.

Theil.	Wirkſame Muskeln.	Thätigkeit der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Gegenfüßler der in der zweiten Columne genannten Muskeln.
Unterſchenkel.	Biceps femoris. Semitendinosus. Semimembranosus. Popliteus. (Sartorius). (Gastrocnemius).	Beugung.	Rectus femoris. Vasti externus und internus. Cruralis. (Subcruralis). (Sartorius?).
	Popliteus. (Sartorius). Gracilis. Semitendinosus. (Semimembranosus).	Drehung nach innen.	Biceps femoris.
Fuß.	Tibialis anticus. Peroneus tertius. (Extensor digitorum pedis communis longus. Extensor hallucis longus).	Beugung oder Annäherung der Rückenfläche des Fußes an die Vorderſeite des Unterſchenkels.	Gastrocnemius. Soleus. Plantaris. (Tibialis posticus. Peronei longus und brevis. Flexor digitorum pedis communis longus. Flexor hallucis longus).
	Tibialis posticus.	Wendung nach innen.	Peronei longus und brevis.
	Tibialis anticus u. posticus.	Drehung des Innenrandes des Fußes nach oben.	Peronei longus brevis und tertius.
Große Zehe.	Flexor hallucis brevis. (Flexor hallucis longus). Adductor hallucis.	Beugung des erſten Gliedes.	Extensor hallucis longus. Erſte Sehne des Extensor communis digitorum pedis brevis.
	Flexor hallucis longus.	Beugung beider Glieder.	
	Adductor hallucis.	Anziehung.	Abductor hallucis.
Die vier äußeren Zehen.	Lumbricales. (Flexores digitorum pedis communes longus und brevis).	Beugung des erſten Gliedes.	Extensores digitorum pedis communes longus und brevis.
	Flexor digitorum pedis communis brevis. (Flexor digitorum longus).	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis longus.	Beugung des dritten Gliedes.	
	Interosseus internus s. simplex I.	Anziehung der zweiten Zehe.	Interosseus externus s. biceps I.
	Interosseus internus II.	Anziehung der dritten Zehe.	Interosseus externus II.
	Interosseus internus III.	Anziehung der vierten Zehe.	Interosseus externus III.
	Interosseus internus IV.	Anziehung der kleinen Zehe.	Abductor digiti minimi. (Peroneus brevis).
Kleine Zehe.	Außer den Muskeln der anderen drei äußeren Zehen der Flexor brevis und der Abductor digiti minimi.	Beugung.	Wie bei den anderen drei äußeren Zehen.

Versuchen wir endlich, die Muskeln, die sich vorzugsweise bei den krankhaften Verkrümmungen der unteren Extremitäten betheiligen, übersichtlich darzustellen, so erhalten wir:

Krankhafter Zustand.	Möglicher Weise wirksame Muskeln.
Biegung des Oberschenkels im Hüftgelenke.	Psoas major. Iliacus internus. (Rectus femoris. Sartorius. Pectineus).
Anziehung nach innen.	Pectineus (nach Dieffenbach).
Beugung im Kniee.	Biceps. Semitendinosus. Semimembranosus. (Popliteus).
(Anchylotische) Streckung im Kniee.	Rectus femoris. Vasti externus und internus. Cruralis.
Verbiegung nach außen. Säbelbein (Genu varum).	Semitendinosus. Gracilis. (Popliteus).
Verbiegung nach innen. Schemelbein (Genu valgum).	Biceps femoris.
Einfacher Pferde- oder Spitzfuß.	Gastrocnemius. Soleus. Plantaris.
Unreiner Pferde- oder Spitzfuß.	Gastrocnemius, Soleus, Plantaris und außerdem nach Verschiedenheit der Fälle Tibialis anticus und posticus. Flexores digitorum pedis. Flexor digitorum longus. Aponeurosis plantaris.
Einfacher Klumpfuß.	Tibialis anticus und posticus (Sehnen des Flexor und Abductor hallucis).
Ferfen-Klumpfuß (Talipes calcaneus).	Tibialis anticus. Extensor digitorum communis. Extensor hallucis longus. Peroneus tertius.
Pferdefuß-Klumpfuß (Talipes varo-equinus).	Gastrocnemius. Soleus. Plantaris. Tibialis anticus und posticus. Flexor hallucis brevis. Adductor hallucis. (Flexores communes). Aponeurosis plantaris.
Plattfuß (Valgus).	Peronei, vorzüglich longus und brevis.
Hohlfuß.	Tibialis posticus. Peroneus longus. Transversalis pedis. Abductor hallucis. Aponeurosis plantaris.

Es versteht sich von selbst, daß hier die mannigfachsten Verbindungen und Einzelfälle vorkommen können. Vergl. vorzüglich über diese Verkrümmungen: J. Dieffenbach, über die Durchschneidung der Muskeln und Sehnen. Berlin, 1841. 8. S. 84. 139. 285 flg. und Günther, a. a. O. S. 335 — 365.

Krümmungsbogen der Bewegungen des Beines. — Der 2963
Oberschenkel kann ungefähr um die Hälfte eines Kreises in dem Hüftgelenke in der Richtung von vorn nach hinten gedreht werden. Die Beugung oder die Bewegung nach vorn fällt aber hierbei beinahe drei Mal so groß, als die Streckung aus. Die Anziehung sowohl, als die Abziehung gleicht 40° bis 50°. Die Drehung dagegen erreicht 180° oder selbst einen noch etwas größeren Werth. Ihr äußerer Bogen ist bisweilen etwas stärker, als der innere.

Wird die Hinterseite des Unterschenkels der des Oberschenkels möglichst genähert, so hindert schon die Dicke der Weichgebilde, daß hierbei ein Bogen von 180° beschrieben werde. Die Maximalwerthe, welche die Versuche der einzelnen Forscher ergeben haben, liegen zwischen 130° und 170°. Der Unterschenkel selbst kann um 15° nach innen und um 20° bis 30° nach außen gedreht werden.

Der Bogen, den der Fuß bei dem Maximum seiner Beugung und Streckung beschreibt, beträgt ungefähr $\frac{1}{3}$ eines Kreises. Der Abschnitt aber, welcher der Streckung angehört, ist zwei bis drei Mal so groß, als der der Beugung. Die stärksten Drehbewegungen des Fußes endlich liegen zwischen $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{7}$ eines ganzen Kreises.

Die einzelnen genaueren Winkel sind Anhang Nr. 124. verzeichnet.

2964 Krümmungsbogen des ganzen Körpers. — Unser Körper kann ungefähr um 190° nach vorn, um 140° nach hinten und um 180° nach jeder der beiden Seiten gewendet werden. Der Kopf betheiligt sich bei der zuerst genannten Bewegung mit 75°, jedes Hüftgelenk mit 70° und jedes Fußgelenk mit 20°. Die Wirbelsäule ergänzt das Uebrige. Der Kopf und der Hals übernehmen 78° bei der seitlichen Drehung, die Lenden- und die Rückenwirbelsäule 30°, das Hüftgelenk 60° und das Kniegelenk 12° [1]).

V. Stellungsverschiedenheiten des menschlichen Körpers.

2965 Schwerebene und Schwerpunkt des ganzen Menschen. — Borelli [2]) fand, daß die Schwerebene eines waagerecht ausgestreckten Menschen die Gegend des Gesäßes und der Schaam traf. W. und Ed. Weber prüften die Verhältnisse an einem wohlgebildeten lebenden Manne, dessen Körperlänge 1,6692 Meter glich. Es fand sich, daß die Schwerebene 721,5 Millimeter vom Scheitel und 947,7 Mm. von der Ferse abstand. Diese beiden Entfernungen verhielten sich daher zu einander = 1 : 1,31. Jene Forscher nehmen an, daß sich die großen Rollhügel in derselben Höhe, wie die Drehpunkte der Hüftgelenke befinden. Die durch sie gezogene Ebene lag aber 87,7 Mm. tiefer, als die des Schwerpunktes. Verglichen endlich die Brüder Weber diesen Werth mit dem Skelette eines gleich großen Mannes, so glaubten sie annehmen zu können, daß die Schwerebene 8,7 Mm. von dem Vorgebirge entfernt lag.

Ich zog es vor, die Beobachtungen an der unversehrten und zum Theil noch warmen Leiche eines 34jährigen Faßbinders, der sich Tags zuvor erhenkt hatte, zu wiederholen, weil ich so im Stande war, die Abstände von den Drehungsaxen der Hüftgelenke und von dem Vorgebirge

---

[1]) Krause, a. a. O. S. 469.

[2]) A. Borelli, De motu animalium. Pars prima. Editio altera. Lugd. Batav. 1685. 4. p. 167.

unmittelbar zu messen. Die Körperlänge des kräftigen Mannes betrug 1,617 Meter. Die Hände waren während des Versuches symmetrisch über dem Schaamberge zusammengebunden, die Füße gleichförmig gestreckt. Die Schwerebene stand 694 Millimeter von dem Scheitel und 923 Mm. von der Ferse ab. Beide Entfernungen verhielten sich daher = 1 : 1,33. Man sieht, daß dieser Theil meiner Beobachtung so genau, als irgend erwartet werden kann, mit der von Weber stimmt. Der geringe Unterschied braucht nicht einmal von einer Abweichung in dem Baue beider Körper herzurühren. Die ungleiche Füllung des Nahrungscanales reicht schon zur Erklärung hin.

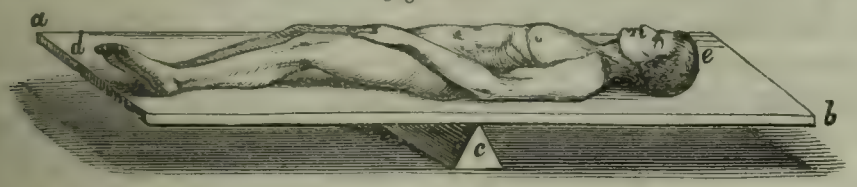
Anders verhielt es sich dagegen mit den übrigen Abständen, die ich unmittelbar an der Leiche bestimmte. Ich erhielt nämlich 111 statt 87,7 Mm. für die Entfernung von der Ebene der beiden Rollhügel. Da ich die Beziehung zu dem Vorgebirge, so genau als möglich, ermitteln wollte, so schlug ich zwei Nägel senkrecht in den Theil der Lendenwirbelsäule, durch welchen die Schwerebene ging, öffnete den Unterleib und bestimmte mit einem Drathe die Parallelebene der Nägel und der Ferse. Ich konnte so den Abstand von dem Vorgebirge unmittelbar messen. Da ich aber auch die Entfernung der Ebene des Vorgebirges von der der Ferse ermittelte, und die der Schwerebene von der letzteren aus den früheren Theilen des Versuches bekannt war, so erhielt ich einen zweiten Werth für die gesuchte Größe. Dieser Versuch ergab 17,5 und 18 Mm., mithin das Doppelte von dem, was Weber nach dem trockenen Skelette angenommen hatte.

Die waagerechte Schwerebene ging in der von mir geprüften Leiche durch den letzten Lendenwirbel etwas unter den Querfortsätzen und über den vorderen oberen Höckern der Darmbeine durch. Sie lag ungefähr 37 Mm. unter dem oberen Rande des Nabels und 203 Mm. unter dem unteren Ende des Schwerdtfortsatzes des Brustbeines.

Es versteht sich von selbst, daß die Art der Massenvertheilung die Verhältnisse in hohem Grade zu ändern vermag. Ein sehr großer Mensch verdankt nicht selten seine hohe Gestalt seinen Beinen allein. Der Rumpf ist sogar bisweilen niedriger, als der einer sehr kleinen Person [1]). Diese und ähnliche Unterschiede können den Ort der Schwerebene so sehr verrücken, daß man nicht berechtigt ist, Borelli's Angabe ohne bestimmtere Gegengründe unrichtig zu finden.

Will man die Schwerebene eines Menschen bestimmen, so nimmt man ein Brett *ab* Fig. 144., das, wo möglich, an allen Punkten gleich dick ist, legt es auf die scharfe

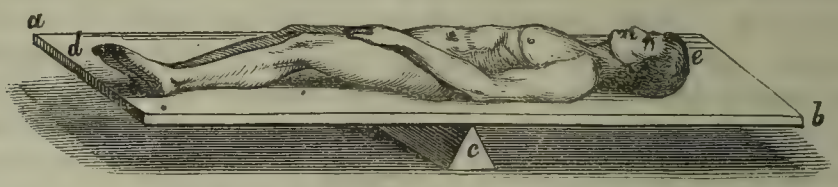
Fig. 144.



[1]) Ein ausgezeichnetes Beispiel s. bei Hutchinson, in den Medico-chirurgical Transactions. Vol. 29. London, 1846. 8. p. 183. 184.

Kante eines dreieckigen Pflockes *c* und bezeichnet sich die Linie, auf der es ruhen muß, um im Gleichgewichte zu bleiben. Trägt es später den Leichnahm *de* und erhält sich das Gleichgewicht, wenn das Brett die Kante des Pflockes mit der früher bezeichneten Li-

Fig. 145.



nie berührt, so muß auch die durch sie gelegte senkrechte Ebene die Schwerebene des Menschen bilden. Bezeichnet man sich an dem Brette die senkrechten Ebenen, welche durch die vorragendsten Punkte des Scheitels und des Fußes gehen, so kann man später die Abstände der Schwerebene von den beiderseitigen Enden des menschlichen Körpers bestimmen.

Da es sehr schwer ist, die Gleichgewichtslinien des Brettes und des Menschen bis auf eine vollkommen scharfe Grenze zu treffen, so verfährt man vortheilhafter, wenn man gewissermaßen den Versuch verdoppelt und das Mittel als wahren Werth in Rechnung bringt. Hat das Brett die oben erwähnten Eigenschaften, so legt man den Leichnahm so, daß die senkrechten Ebenen des Scheitels und des Fußes von den Enden des Brettes *a b* gleichweit abstehen, und verschiebt den Pflock *c*, bis das Gleichgewicht hergestellt ist oder bis die geringste Verrückung nach der einen und der anderen Seite das Ganze in den entsprechenden Richtungen umschlagen läßt. Man bezeichnet sich dann die Linien der senkrechten Ebenen des Scheitels, des Fußes und der Unterstützung. Der Leichnahm wird hierauf gewendet und so gelegt, daß seine Scheitelebene in die frühere Fußebene und umgekehrt fällt. Hat man die neue Gleichgewichtslinie durch die Verschiebung des Pflockes *c* gefunden, so giebt das Mittel aus ihr und der früheren Gleichgewichtslinie die Lage der Schwerebene. Die oben mitgetheilten Zahlen wurden auf diese Weise gefunden.

2966 Wir haben schon früher (Bd. I. §. 235.) gesehen, daß der Schwerpunkt eines Menschen, der ein Bein verloren hat, höher hinaufgerückt ist. Die Brüder Weber [1]) fanden, daß er in der Leiche mit der Entfernung einer unteren Extremität bis zur Höhe des Nabels und nach dem Verluste beider bis zur Ebene des Schwerdtfortsatzes oder des unteren Endes des Brustbeines emporgeht. Steht der Mensch gerade aufrecht und hält er seine Glieder symmetrisch vertheilt, so soll nach jenen Forschern [2]) die Gerade, welche die beiden Enden der Wirbelsäule verbindet, in der senkrechten Schwerebene liegen.

2967 Liegen. — Ist unser Körper waagerecht auf einer hinreichend langen und breiten Unterlage ausgestreckt, so wird er an allen Punkten hinreichend unterstützt. Die Muskeln brauchen hierbei keine Leistung zu übernehmen. Die Leiche liegt dann eben so sicher, als der Lebende.

Ist dagegen die Unterlagsfläche zu kurz, zu schmal oder schief geneigt, so sind die Muskelkräfte im Stande, die Stellung der einzelnen Theile bis auf einen gewissen Grad zu verbessern und das Gleichgewicht herbeizuführen. Ihre Gegenwirkung stößt aber häufig genug auf Hindernisse. Sie kann oft nicht lange anhalten. Liegt ein Mensch auf einem steil abfallen-

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 117.
[2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 118.

den Berge, so hindert häufig der zu breite Boden die erfoderlichen Nebenbewegungen.

Sitzen. — Allmählige Uebergänge führen aus der liegenden Stel- 2968
lung zum Sitzen. Eine um so größere Zahl von Rückenmuskeln muß hierbei die nöthige Nebenhilfe bieten, je mehr sich der Rumpf und der Kopf der senkrechten Stellung annähern (§. 2872.). Sitzen wir vollkommen aufrecht und frei, so arbeiten die Strecker des Nackens, des Rückens und die Gesäßmuskeln, vorzüglich der größere und der mittlere (Glutaei maximus und medius). Der Obertheil des Körpers stützt sich hierbei auf der breiten Unterlage des Beckens, und zwar vor Allem auf den Sitzbeinknorren und dem Gesäße. Die Stellung verliert erst dann ihre Sicherheit, wenn die Stützfläche selbst kleiner, als die von der Natur gebotene Unterlage ausfällt.

Knieen. — Die Oberschenkel tragen hier den Rumpf. Die Becken- 2969
strecker (§. 2936.) müssen es verhüten, daß sich der Rumpf nach vorn beugt. Da die Kniee und die Endstücke des Fußes den Boden berühren, so fällt ein großer Theil der Unterstützungsfläche nach hinten. Diese Stellungsart erfodert daher eine geringere Kraftanstrengung, wenn der Rumpf weiter nach hinten, als wenn er über den Knieen steht und die Oberschenkel sehr schief geneigt sind. Die Zahl der Beckenstrecker und der Grad ihrer Wirkung wechselt auch mit diesen verschiedenen Verhältnissen.

Stehen. — Ruht die Körperlast auf einem oder auf beiden Füßen, 2970
so muß die Reibung gegen den Fußboden eine gewisse Größe erreichen, damit der Mensch nicht fortgleite, aus dem Gleichgewichte komme und umfalle. Die Sicherheit nimmt daher mit der Glätte der Unterstützungsfläche ab. Der Boden wird aber nicht von allen Punkten der Fußsohle in den gewöhnlichen Fällen berührt. Der Untertheil der Ferse, die Haut, welche die Sohlenflächen der vorderen Enden der Mittelfußknochen, besonders das der großen Zehe bekleidet, der äußere Fußrand und einzelne Punkte der Zehen pflegen sich hierbei in der Regel zu betheiligen. Flacht sich aber der Fuß bei längerem Stehen ab (§. 2951.), so kann sich auch die Zahl der Berührungspunkte vergrößern. Die Abzieher der großen und der kleinen Zehe (Abductores hallucis und digiti minimi) ($\beta\gamma$ Fig. 143.) sind jedoch im Stande, die Verlängerung des Fußblattes, die sich allmählig einzuleiten sucht, zu beschränken. Die Wirkung des Anziehers der großen Zehe, der Zwischenknochenmuskeln und des Quermuskels der Fußsohle (Adductor hallucis, Interossei und Transversalis plantae) wird sich der Verbreiterung entgegensetzen.

Soll der Mensch aufrecht bleiben, so darf die Schwerlinie den von 2971
den beiden äußeren Fußrändern begrenzten Raum nicht überschreiten (Bd. I. §. 237.). Die Größe dieser Grundfläche macht es aber möglich, daß sich der Rumpf ohne Nachtheil in nicht unbedeutendem Grade verrücken kann. Jedes der beiden Beine braucht deshalb nicht immer die Hälfte der Körperlast zu tragen. Wir können eben so gut das ganze Gewicht einem einzigen eine Zeit lang überliefern, während nur der Ballen und die Zehen des anderen den Boden berühren. Maler und Bildhauer ziehen daher

diese Stellung, welche die Foderungen der Kunst vollständiger befriedigt und überdieß noch leicht durch angemessene Gegenbewegungen des Oberkörpers gesichert wird, vor. Sie bietet noch den Vortheil dar, daß die sehnigten Gebilde stärker in Anspruch genommen werden und daß die Ruhe des einen Beines die Abwechselung erleichtert. Leonardo da Vinci und Maissiat setzen sogar voraus, daß sie naturgemäßer, als die gleichartige Stellung auf zwei Füßen sei.

2972 Soll das stützende Bein nicht einknicken, so müssen das Hüft- und das Kniegelenk befestigt werden, damit ein fast gerader Stab die Stütze bilde. Die Strecker beider Gelenke können diesen Dienst leisten. Die Natur hat aber auch hier die Nebenhilfe der Muskelwirkungen durch manche andere Verhältnisse zweckmäßig verkleinert. Die störende Ermüdung wurde so weiter hinausgeschoben.

Denken wir uns, der Oberkörper solle auf beiden Beinen ruhen, so werden die Gesäßmuskeln, vor Allem aber die größten von ihnen (Glutaei maximi) (*p* Fig. 143.) und die inneren Hüftbeinlochmuskeln (Obturatores interni), den Rumpf aufrecht erhalten und die Kniestrecker (Recti femoris, Vasti externi und interni, Crurales und Subcrurales) (*efg* Fig. 143.) den Ober- und den Unterschenkel in einer geraden Linie zu halten suchen. Es ist denkbar, daß bisweilen die lange Abtheilung des zweiköpfigen Schenkelmuskels (Biceps femoris) (*s* Fig. 143.), der halbsehnigte (Semitendinosus) (*w* Fig. 138.), der halbhäutige (Semimembranosus) (*z* Fig. 138., *m* Fig. 143.) und der schlanke Schenkelmuskel (Gracilis) (*x* Fig. 138., *k* Fig. 143.) zu Hilfe gezogen werden.

Ruht die Körperlast auf dem einen Beine, so spannt sie das runde (*b* Fig. 142.) und das obere Band des Hüftgelenkes (Ligamentum teres und L. superius), so wie die äußere stärkere Bandmasse der Schenkelbinde (Fascia ilio-trochanterico tibialis von Maissiat) (*pqr* Fig. 143.) stärker an. Diese sehnigten Theile widerstehen der seitlichen Neigung. Die Muskeln selbst brauchen sich in dieser Hinsicht für den Augenblick weniger anzustrengen. Der Spanner der Schenkelbinde (Tensor fasciae latae) (*n* Fig. 143.) kann so ihre Arbeit vermindern. Die Seitenbänder des Kniegelenkes verhüten auch hier jede unzweckmäßige seitliche Verschiebung [1]).

2973 Der Druck, der von oben her wirkt, stemmt den Unterschenkel gegen das Sprungbeingelenk des Fußes. Bringt es die Stellung mit sich, daß er eine bestimmte Neigung hat, so können ihnen der vordere Schienbeinmuskel (Tibialis anticus) (*z* Fig. 143.) und der dritte Wadenbeinmuskel (Peroneus tertius) mit oder ohne die Hilfe der langen Zehenstrecker (Extensor communis digitorum pedis longus und Extensor hallucis longus) (*xδ* Fig. 143.) nach vorn neigen, der Sohlenmuskel (Soleus) und der Fußsohlenmuskel (Plantaris) mit oder ohne den

---

[1]) Ueber die Bedeutung, welche die Bänder für das Stehen haben, vergl. W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 144. und J. Maissiat, Etudes de Physique animale. Paris, 1843. 4. p. 6 — 34.

hinteren Schienbeinmuskel (Tibialis posticus), die beiden ersten Wadenbeinmuskeln (Peronei longus und brevis) (*wy* Fig. 143.) und die langen Zehenbeuger (Flexor communis digitorum longus und Flexor hallucis longus) dagegen senkrecht zu stellen suchen.

Es versteht sich von selbst, daß die Strecker des Kopfes und der Wir- 2974
belsäule den Oberkörper aufrecht erhalten und die erfoderlichen seitlichen Neigungen der einzelnen Theile derselben einleiten müssen. Die Arme wirken ihren verschiedenen Stellungen nach wie seitliche aufgehängte Gewichte mit entsprechenden oder ungleichen Lagen der Schwerpunkte.

Gehen und Laufen auf ebenem Boden. — Da hier der Kör- 2975
per nicht bloß im Gleichgewichte erhalten, sondern auch in waagerechter Bahn vorwärts geschoben werden soll, so theilen sich die beiden Seitenhälften der Stützglieder in die zwei verschiedenen Rollen, welche der Natur der Sache nach übernommen werden müssen. Das eine balancirt die übrige Masse, während sich das andere horizontal zu verschieben sucht. Kehrt sich dann die Thätigkeit um, so ist schon auf diese Weise der frühere Ort der Stütze aufgegeben und auf einen weiteren Punkt übertragen worden.

Die Zeit, während welcher der Oberkörper von beiden Beinen zu- 2976
gleich getragen wird, ist natürlich für die Fortbewegung verloren. Wir gehen daher um so langsamer, je mehr dieses Nebenverhältniß vorherrscht. Sinkt es dagegen auf seinen geringsten Werth, so laufen wir mit einer gewissen Geschwindigkeit. Kommt es hierbei vor, daß wir die ganze Körpermasse in die Luft schleudern, daß sie mithin einen Augenblick gar nicht unterstützt wird, so ziehen wir den Sprung für die Beschleunigung des Laufens zu Hilfe.

Zergliedert man die äußeren Erscheinungen des gewöhnlichen Vor- 2977
wärtsgehens, so wechseln die Rollen der beiden Beine in jedem Doppelschritte vollständig ab. Das eine bleibt sich in seiner Bestimmung, als Stütze zu dienen, während der Dauer des einfachen Schrittes treu. Das andere dagegen arbeitet zuerst als vorbereitendes Stemmwerkzeug und schwingt hierauf von hinten nach vorn, um vor Allem die waagerechte Ortsveränderung zu begünstigen. Wir haben so ein stützendes und ein fortschreitendes Bein.

Denken wir uns nun z. B., jene erstere Rolle sei in einem Schritte 2978
der linken unteren Extremität übertragen, so bleibt sie nicht immer gleich steif. Eine geringe Beugung und eine kräftige Streckung greifen vielmehr wechselweise ein. Jene dauert so lange, als die linke Seite des Oberkörpers weiter nach vorn, die rechte dagegen mehr nach hinten steht und der stützende Theil des Fußes vor dem von der Mitte des Schenkelkopfes herabgehenden Lothe fällt. Der Rumpf kann so unter dem geringsten Widerstande vorwärts gewendet werden. Strecken wir das linke Bein von vorn herein vollständig, so stößt dieser Theil der Ortsveränderung des Oberkörpers auf größere Schwierigkeiten. Das stützende linke Bein dreht sich in seinem Fußgelenke, während das fortschreitende mit seiner Körperhälfte vorwärts geht, von hinten nach vorn, streckt sich dann vollständiger und bereitet

sich so vor, um in dem nächsten Augenblicke als Stemmwerkzeug zu dienen. Es beginnt hiermit seine Bestimmung zu wechseln.

Der vorangeeilte Rumpf zwingt es, sich so sehr zu verlängern, daß es jetzt zur Hypothenuse eines rechtwinkeligen Dreieckes wird, dessen längere Kathete es früher darstellte. Es streckt sich daher zunächst in dem Hüft- und dem Kniegelenke. Die Ferse folgt sogleich nach, so daß sich endlich nur der Ballen gegen den Boden stemmt. Man hat diese Erhebung der Sohlenfläche mit dem Abwickeln eines Rades von dem Erdboden zu vergleichen gesucht. Die Aehnlichkeit ist jedoch in sofern unvollkommen, als nicht alle Punkte der Fußsohle der Reihe nach den Boden berühren und sich von ihm entfernen. Die Verhältnisse des gestreckten Ober- und Unterschenkelstabes erinnern eher an die einer Radspeiche. Das Abwickeln des Fußes verlängert den Schritt um so viel, als die Ferse von dem Ballen absteht.

2979 Hat auf diese Weise das stark gestreckte Bein seine Bestimmung als Stemmwerkzeug vollendet, so beginnt seine entgegengesetzte Arbeit, die Schwingung. Die Länge, die es jetzt besitzt, würde es unmöglich machen, sich in einem Bogen, der von hinten nach vorn geht, zu bewegen. Es biegt sich daher in dem Hüft-, dem Knie- und zum Theil in dem Fußgelenke ein, um so einen kürzeren Drehungshalbmesser zu erreichen. Leute, denen dieses nicht möglich ist, wie Menschen mit Steifheit des Kniegelenkes, beschreiben daher einen nach außen gerichteten Kreisbogen. Die hölzernen Beine und die künstlichen Glieder von Schenkelamputirten müssen immer etwas zu kurz gemacht werden, damit selbst diese unnatürliche Wendung möglich bleibe.

2980 Da das Bein selbst in dem Hüftgelenke beweglich aufgehängt ist und sein Schwerpunkt unter diesem liegt (§. 2646.), so wird es, sich selbst überlassen, wie ein Pendel nach vorn schwingen. Es brauchen daher nur die Muskeln, die bis jetzt den Oberschenkel nach hinten wendeten, nachzugeben, damit das Ganze von selbst nach vorn geht. Die Rückwirkung der jetzt freigelassenen gespannten Bandmassen, vorzüglich des starken äußeren Theiles der Schenkelbinde (*pqr* Fig. 143.), wird noch den Stoß erleichtern[1]). Die physikalische Einrichtung erspart so einen Aufwand von Muskelkraft.

2981 Wollten wir diese Schwingung, bis das Pendel des Beines seine höchste Steigung erreicht hat, anhalten lassen, so müßte es überflüssiger Weise zurückkehren, um wiederum den Boden selbst in dem gestreckten Zustande zu erreichen. Diese zwecklose Bewegung würde aber ohne Noth Zeit verzehren. Wir hemmen daher die Schwingung in dem gehörigen Augenblicke, strecken dann das Bein und setzen den Fuß auf den Boden. Seine entsprechende Seitenhälfte des Oberkörpers steht dann unmittelbar über ihm und vor der anderen Hälfte des Rumpfes. Es kann so die früher geschilderte Rolle einer sicheren Stütze von Neuem übernehmen.

2982 Die schwache Beugung des tragenden Beines fällt mit dem Anfange, die Streckung dagegen mit der übrigen Zeit der Schwingung, das Abwi-

[1]) Maissiat, a. a. O. pag. 51 fgg.

ckeln des Fußes endlich mit der Streckung und dem Aufsetzen des fortschreitenden Beines zusammen. Jenes liegt im Anfange vor und am Ende hinter diesem. Die Mechanik des einfachen Schrittes geht also darauf aus, daß die eine Extremität der anderen stabilen voraneilt und den Oberkörper so sehr als möglich nachzuziehen sucht.

Die Zeit, in der der Körper von beiden Beinen zugleich getragen 2983
wird, bildet gleichsam das Moment des sicheren Stehens, das sich nothwendiger Weise einschleicht. Sie beträgt ungefähr bei dem langsamen Gange [1]) die Hälfte der Dauer, während der nur ein Bein die übrige Körperlast stützt, und sinkt auf ein Drittheil und noch mehr, so wie wir unsere Fortbewegung irgend beschleunigen.

Betrachten wir zuerst die Muskeln, die für das unterstützende Bein 2984
in Anspruch genommen werden, so sind es vor Allem die Strecker, die sich hier betheiligen müssen. Der großе Gesäßmuskel (Glutaeus maximus) (*u* Fig. 138., *p* Fig. 143.) sucht das Becken aufrecht zu erhalten. Er und die beiden anderen Gesäßmuskeln (Glutaei medius und minimus) (*η λ* Fig. 139.) mit oder ohne die Hilfe des birnförmigen Muskels (Piriformis) (*ϑ* Fig. 139.), des inneren Hüftbeinlochmuskels (Obturator internus) und des viereckigen Schenkelmuskels (Quadratus femoris) (*ϰ* Fig. 139.), so wie die Spannung der früher (§. 2972.) erwähnten Bandgebilde erhalten den Körper im Gleichgewicht. Der Unterschenkelstrecker (Rectus femoris, Vasti, Cruralis) (*efg* Fig. 143.) steift das Kniegelenk. Seine minder kraftvolle Wirkung kann schon die mäßige Beugung, die wir im Anfange antreffen, möglich machen. Es ist auch denkbar, daß die Köpfe des Zwillingsmuskels (Gastrocnemius) (*l* Fig. 143.) den Oberschenkel bei befestigter Ferse herabzuziehen suchen. Der dreiköpfige Wadenmuskel (Gastrocnemius und Soleus) (*luv* Fig. 143.) und der Fußsohlenmuskel (Plantaris) wickeln zuletzt die Ferse ab. Werden sie von den Zehenbeugern unterstützt, so können die Zehen um so eher an den Boden gedrückt werden. Die Stellung erhält so eine größere Sicherheit.

Das Bein erreicht die größte Höhe seiner Streckung unmittelbar, ehe 2985
es einknickt, um nach vorn schwingen zu können. Jene Zickzackbiegungen fodern aber nicht bloß, daß die Streckmuskeln erschlaffen, sondern daß zugleich der Schenkelbeuger (Psoas und Iliacus internus) (*h* Fig. 143.) den Oberschenkel und der zweiköpfige Muskel (Biceps femoris) (*s* Fig. 143.), der halbsehnigte (Semitendinosus) (*w* Fig. 138.), der halbhäutige (Semimembranosus) (*z* Fig. 138., *m* Fig. 143.) und der Kniekehlenmuskel (Popliteus) (bei *γ* Fig. 138.) den Unterschenkel emporziehen.

Es versteht sich von selbst, daß die Strecker des Kopfes und der Wir- 2986
belsäule den Oberkörper wie bei dem Stehen aufrecht erhalten müssen. Der Rumpf selbst schwankt aber bei dem Gehen in doppelter Richtung. Streckt sich das fortschreitende Bein und wickelt es seine Ferse von dem

[1]) W. und Ed. Weber, a. a. O. S. 40.

Boden ab, so wird er nach der Seite des stützenden Beines hinübergeführt. Setzen wir später den fortgeschrittenen Fuß auf, so findet das Entgegengesetzte Statt. Jene erstere Bewegung ist zugleich mit einer Erhebung und die letztere mit einer Senkung der vorgeschobenen Rumpfhälfte verbunden. Der langsame Gang wird um so zierlicher, je weniger diese queren und senkrechten Schwankungen in die Augen fallen, je leichter gleichsam der Oberkörper in waagerechter Bahn fortgetragen wird.

2987 Beeilen wir unseren Schritt nicht, so können die Arme vollkommen ruhig bleiben. Läßt man sie frei hängen, während die Neigungen des Rumpfes eine bedeutende Größe erreichen, so sinkt der Arm derjenigen Seite, an welcher das Bein säulenartig stützt, von selbst nach vorn. Er kehrt nach hinten zurück, so wie der fortschreitende Fuß den Boden berührt und seine Rumpfhälfte nach abwärts geht. Die beiden Arme können aber auch bei raschem Gehen wie regulirende Pendel wirken. Der rechte Arm schwingt dann im Allgemeinen nach hinten, wenn der eingeknickte rechte Fuß seinen Bogen beschreibt. Seine aufsteigende Bewegung fällt im Durchschnitt in die Zeit, in der die rechte untere Extremität als Stütze dient. Schwankt der Rumpf in auffallendem Grade von einer Seite zur anderen, so beschreiben oft noch die Arme Bogen, die von innen und hinten nach außen und vorn gehen. Der Wille und die Gewohnheit ändern jedoch häufig diese Gegenbewegungen in hohem Grade.

Maissiat entwickelt seine Ansichten über die Pendelwirkungen, die bei dem Gehen eingreifen, a. a. O. S. 43 ffg. Die Maaßbestimmungen, die über das Gehen angestellt wurden, sind am Schlusse der dem Laufen gewidmeten Betrachtung §. 2997. mitgetheilt.

2988 Wollen wir rückwärts gehen, so beginnen wir damit, daß sich das eine Bein, und zwar bei ungleicher Stellung beider Extremitäten das weiter vorgeschobene Glied, in dem Hüft- und dem Kniegelenke beugt und auf diese Weise verkürzt. Der Anstoß des großen Gesäßmuskels (*u* Fig. 138., *p* Fig. 143.) zieht sie dann nach hinten. Die pendelartige Schwingung begünstigt oder vollendet diese Bewegung. Das Glied selbst streckt sich hierauf, um den Boden zu erreichen. Der Ballen berührt hierbei zuerst die Unterlage. Folgt die Ferse nach, so wird die entsprechende Hälfte des Oberkörpers nach hinten geführt. Der dreiköpfige Wadenmuskel (Gastrocnemius und Soleus) (*t u v* Fig. 143.) und der Fußsohlenmuskel (Plantaris), welche noch der hintere Schienbeinmuskel (Tibialis posticus), die beiden ersten Wadenbeinmuskeln (Peronei longus und brevis) (*w y* Fig. 143.) und die langen Zehenbeuger (Flexor digitorum pedis communis longus und Flexor hallucis longus) unterstützen können, ziehen später nach Krause [1]) den Unterschenkel, der Zwillingsmuskel (Gastrocnemius) (*t* Fig. 143.), der Kniekehlenmuskel (Popliteus) (bei *γ* Fig. 138.) und vielleicht die kurze (?) Abtheilung des zweiköpfigen Muskels (Biceps femoris) (*s* Fig. 143.) den Oberschenkel und die Gesäßmuskeln das Becken nach hinten. Dieses Bein

[1]) Krause, a. a. O. S. 473.

trägt dann den Oberkörper säulenartig, während sich die eben geschilderte Veränderung in der anderen Extremität einleitet.

Das Seitwärtsgehen nimmt vorzüglich die Muskeln, welche die An- 2989
ziehung und die Abziehung des Oberschenkels vermitteln, in Anspruch. Der obere Theil des großen und die beiden kleineren Gesäßmuskeln (Glutaei) (*u* Fig. 138., *ηλ* Fig. 139., *p* Fig. 143.) führen das schwach gebogene Bein nach außen, damit es völlig gestreckt den Oberkörper halte. Die Bandmassen, welche noch der Spanner der Schenkelbinde (Tensor fasciae latae) (*n* Fig. 143.) unterstützen kann, leisten hier ähnliche Dienste, wie bei dem einseitigen Stehen (§. 2972). Das zweite Bein beugt sich dann ebenfalls in mäßigem Grade, wird von den Anziehern des Oberschenkels (Adductores femoris) (*i* Fig. 143.), dem Kammmuskel (Pectineus) (*d* Fig. 143.) und dem inneren Hüftbeinlochmuskel (Obturator internus) hinübergeführt und übernimmt nun die Rolle einer Tragsäule.

Die eigenthümlichen Stellungsverhältnisse, welche das Auf- und Abgehen der Berge, so wie die verschiedenartigen Belastungen bedingen, sind schon Bd. I. §. 238. bis 247. erläutert worden.

Wir verzichten bisweilen auf einzelne Vortheile, die der natürliche 2990
Gang zu gewähren pflegt. Gehen wir nur auf den Zehen oder richtiger dem Ballen, so können wir allerdings den Kopf höher tragen oder weniger Geräusch bei dem Auftreten machen. Wir stützen uns aber auf einer geringeren Unterfläche, stehen unsicherer und ermüden eher, weil wir unsere Wadenmuskeln stärker anstrengen. Das Gehen auf den Fersen mit gleichzeitig gestreckten Kniegelenken wird noch beschwerlicher, weil die beschränkte Unterstützungsfläche kleiner und einfacher ausfällt, die Pendelschwingung des Beines gehindert oder aufgehoben ist und die seitliche Schwankung des Rumpfes vergrößert wird. Die Nachtheile, die der gesunde Mensch in solchen Fällen willkührlich erträgt, kehren oft von selbst bei Leuten mit Pferdefüßen, mit hölzernen Beinen und unter anderen regelwidrigen Verhältnissen wieder.

Die Unterstützungsfläche verkleinert sich bei dem Schlittschuhlaufen in beträchtlichem Maaße. Es erfordert daher besondere Uebung, den Körper durch einen geschickten Wechsel des Balancement im Gleichgewicht zu erhalten. Die Trägheit der Materie macht hier häufig Gegenbewegungen nothwendig. Schießt der Schlittschuhläufer rasch vorwärts, so muß er seinen Körper nach hinten strecken, wie wenn er einen Berg hinabliefe. Beschreibt er einen Kreis, so sucht ihn die Centrifugalkraft nach außen hin umzuwerfen. Er ist daher genöthigt, sich schief nach innen zu neigen (§. 2796.).

Die Balancirstangen, deren sich die Seiltänzer bedienen, wirken als Gegengewichte, welche die Schwerlinie über der schmalen Unterstützungsfläche zu halten und das Umwerfen zu verhüten suchen. Vergl. hierüber J. T. Desaguliers Cours de Physique expérimentale. Traduit de l'Anglois par Pezenas. Tome I. 1751. 4. p. 89. Ueber die Stellungen, mittelst deren angebliche Herculesse scheinbar übermäßige Kraftwirkungen zu Stande bringen, s. ebendaselbst S. 274 ffg.

Das Laufen besteht in einem möglichst beschleunigten Gehen oder 2991
in einer Verbindung von Gang- und Sprungbewegungen. Der Körper stützt sich nicht mehr in dem letzteren Falle in jedem Augenblicke auf dem Fußboden, sondern ertheilt sich von Zeit zu Zeit eine Wurfbewegung,

mittelst der er eine Strecke weit in der Luft schwebt. Wird sie zweckmäßig benutzt, so muß hierdurch das Fortkommen beschleunigt werden.

2992 Die Schnelligkeit der Gangbewegungen wird schon dadurch beschränkt, daß jeder Schritt oder jede halbe Spannungsweite des Beines eine räumlich bestimmte Grenze hat und wenigstens so lange, als eine halbe Pendelschwingung des Beines zu dauern pflegt. Der Läufer kann aber an Raum durch die Wurfweite seines Körpers gewinnen; er ist auch im Stande, an Zeit zu ersparen, weil sein Bein schon während der Wurfbewegung seine Schwingung anzufangen vermag. Vergeudet er dagegen einen Theil seiner Sprünge auf die senkrechte Erhebung, so kann er sich hierdurch in solchem Grade schaden, daß er langsamer, als bei dem Gehen fortkommt.

2993 W. und Ed. Weber [1]) suchen zwei Arten von Laufen zu unterscheiden. Steigt der Körper nur wenig mittelst der Sprungbewegung empor, schießt er in einer beinahe waagerechten Bahn dahin, so nennen sie die Bewegungsweise den Eillauf. Wird dagegen der Mensch bei jedem Sprunge sichtlicher in die Höhe geworfen, so kommt der Sprunglauf zu Stande.

2994 Der Zeitraum, während dessen das Bein den Oberkörper trägt, dauert bei dem Gehen länger, als der, in dem es diesen mit seiner eigenen Last beschwert. Das Laufen bietet eher das Umgekehrte dar. Man hat hier drei Abschnitte, einen längeren, in dem das rechte Bein schwebt und das linke unterstützt, einen zweiten kürzeren, in dem sich beide Beine in der Luft befinden, und einen dritten, in dem das linke schwingt und das rechte stützt. Wird die Zeit, in der beide Füße den Boden verlassen, verschwindend klein, so fällt auch jeder scharfe Unterschied zwischen dem Laufen und dem Gehen hinweg. Sie erreicht dagegen ihre bedeutendste Größe in dem Sprunglaufe und dauert hier selbst länger, als die beiden anderen Abschnitte zusammengenommen. Jedes Bein vollführt dreierlei verschiedene Thätigkeiten nach einander. Es stemmt in einem ersten kurzen Zeitabschnitte, schwingt in einem zweiten längeren und berührt endlich den Boden in einem kürzeren dritten, ohne zu stemmen [2]).

2995 Die Sprungbewegung, welche das Laufen fodert, macht es nothwendig, daß das Bein zuerst stärker gebeugt und hierauf kraftvoller, als bei dem Gehen gestreckt werde. Der Oberkörper neigt sich zugleich mehr nach vorn, um die Wurfbewegung zu erleichtern. Die Athmung stößt dann leicht auf Hindernisse. Die Unannehmlichkeiten, die hierdurch bedingt werden, hemmen sogar eher das Laufen, als die bedeutendere Kraftentwickelung, der Muskeln, die hierbei in Anspruch genommen wird.

2996 Die Pendelbewegungen der Arme nützen vorzugsweise bei dieser Art von Bewegung. Sie wirken wie Balancirstangen, die das Umschlagen verhüten und das Fortkommen begünstigen. Der Arm biegt sich auch zu diesem Zwecke im Ellenbogengelenke, so wie er in seiner Schwingung vorn emporsteigt.

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 61.
[2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 79.

Maaßbestimmungen des Gehens und Laufens. — Halten wir uns an die Untersuchungen, welche die Gebrüder **Weber** über diesen Gegenstand angestellt haben, so vergrößert sich die Neigung des Oberkörpers nach vorn oder der Winkel, den die Achsenlinie der beiden Hüftgelenke mit der von ihrer Mitte nach dem Schwerpunkte des Rumpfes gezogenen Linie bildet, mit der Schnelligkeit des Fortkommens. Der langsame Gang [1]) hatte in einer Versuchsreihe 4°,9 bis 6°,6, der schnelle 10°,9 bis 18°,6 und das Laufen 34°,1 bis 42°,7. Eine zweite Beobachtung ergab 5°,7 für das Gehen und 7°,2 bis 22°,5 für das Laufen. Die Neigung des Rumpfes hängt nach jenen Forschern, wie die eines balancirten Stabes, von der Geschwindigkeit, mit der er fortgetragen wird, ab. 2997

Hielt sich die Schrittlänge bei 0,730 Meter, so glichen im Durchschnitt die senkrechten Schwankungen des Rumpfes 31,7 bei dem Auftreten mit dem ganzen Fuße und 21,0 Mm. bei dem mit der Fußspitze. Die größte Hebung oder Senkung des Schenkelkopfes betrug also 15,9 Mm in dem ersten und 10,5 Mm. in dem zweiten Falle [2]). **Pelletan** [3]) fand im Mittel 22 Mm. für den Gesammtwerth dieser Schwankungen. 2998

Unterstützt das eine Bein den Körper beim Gehen wie eine senkrechte Säule, während das andere gestreckt gegen den Boden stemmt, so kann jenes als die längere Kathete und dieses als die Hypothenuse eines rechtwinkeligen Dreieckes angesehen werden (§. 2978.). Die Verlängerung des streckenden Beines, die natürlich mit der Größe des Schrittes zunimmt, ist hierbei im Stande, dem größten Werthe, der ihm überhaupt möglich ist, ziemlich nahe zu kommen. Glich z. B. seine Länge 860,3 Mm., wenn es bis zum Fußgelenke gestreckt war und der Schwerpunkt des Körpers bei dem Stehen senkrecht über dem Hacken lag, so ergaben sich 980,1 Mm., wenn man es bis zur Zehenspitze möglichst ausgestreckt hatte. Der letztere Werth fiel mithin um 119,8 Mm. oder um $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{8}$ der Grundzahl größer aus. Betrug die Schrittlänge 607 Mm., so war jener Abstand 930 und bei 850 Mm. des Schrittes 956 Mm. Die Geschwindigkeit des Fortkommens glich aber in dem ersteren Falle 0,880 und in dem zweiten 2,237 Meter [4]). 2999

Halten wir die Aehnlichkeit mit einem rechtwinkeligen Dreiecke fest, so reichen die Längen des senkrecht unterstützenden und des nach hinten gestreckten Beines hin, um den Winkel, den diese beiden Ideallinien oben machen, zu berechnen. Die im vorigen Paragraphen angeführten Grundwerthe geben dann 28°38′ oder beinahe $\frac{1}{3}$ eines Rechten für den oberen und $\frac{2}{3}$ für den unteren Winkel der Achsenlinie des möglichst stark nach hinten gestreckten Beines. Das langsame Gehen, das §. 2998. angenommen wurde, hätte hiernach 22°19′ und das schnellste Laufen 25°51′. 3000 Bd. I. Anhang Nr. 30.

Halbirte die senkrechte Linie des unterstützenden Beines die Länge eines einfachen Schrittes, so müßte die kleinere Kathete jenes rechtwinkeligen 3001

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 234. 235.
[2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 238.
[3]) Maissiat, a. a. O. pag. 72. 73.
[4]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 245.

Dreieckes dieser Hälfte gleichen. Die Berechnung stimmt hier nicht ganz mit den Mittelangaben von Weber (§. 2999.). Wir erhalten 706 für das langsame Gehen und 834 Mm. für das stärkste Laufen.

3002 Die größte Schrittlänge, die bei dem Gehen zu Stande kommt, gleicht nach Weber [1]) fast der halben Spannweite der Beine. Betrug die Geschwindigkeit des Fortkommens 1,72 bis 2,36 Mm., so hob sich die Ferse um 178 bis 173 Mm. [2]).

3003 Geht man so schnell als möglich, so dauert ein Schritt fast eben so lange, als die halbe Pendelschwingung des Beines. Das Mittel von 12 Menschen ergab z. B. 0,3567 und die Hälfte von dieser 0,3534 Secunden [3]). Der Bogen des schwingenden Beines überschreitet aber diese Zeitgrenze um so mehr, je langsamer wir gehen.

3004 Die Schrittlänge kann sich bei dem Laufen in bedeutendem Maaße vergrößern. Die Schrittdauer dagegen pflegt sich nur wenig zu verändern. Sie gleicht ebenfalls nur ungefähr der Zeit einer halben Pendelschwingung. Ihr Werth sinkt hier auf 0,323 Secunden. Das Auftreten auf den Ballen kann zu 0,230 Secunden oder etwas mehr angeschlagen werden. Die Hebung der Ferse gleicht im Mittel 337,5 Mm. Die senkrechten Schwankungen des Rumpfes betragen nur 20 oder, wenn man sie aus der Fallhöhe berechnet, 21,8 Mm. Die Streckung des stemmenden Beines vergrößert sich dafür. Sie soll sogar bei dem ruhigen Stehen das Maximum um 10 bis 15 Mm. übertreffen können [4]).

3005 Die Schrittdauer fällt bei dem Sprunglaufe größer, als bei dem Eillaufe aus. Lag die Schrittlänge in den Versuchen der Gebrüder Weber [5]) zwischen 1,243 und 1,977 M. und die Geschwindigkeit zwischen 2,702 und 4,894 Mm., so schwankte die Schrittdauer von 0,460 bis 0,404 Secunden.

Eine mathematische Theorie des Gehens und Laufens geben W. und Ed. Weber, a. a. O. S. 297 — 380. Vergl. auch die kurze Angabe der Hauptformeln in den Göttingischen gelehrten Anzeigen. 1837. 8. Januar. S. 105 — 107.

Ueber die Gangbewegungen der Säugethiere s. Borelli, a. a. O. p. 198 ffg. Bishop, in Todd Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. London, 1844. 8. p. 451 ffg. und Maissiat, a. a. O. p. 113 — 272.

Ueber das Fliegen der Vögel s. vor Allem die physiologischen und mathematischen Forschungen in dem Werke von J. J. Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien, 1846. 8. Die Verhältnisse des Widerstandes der Luft, die für das Fliegen von so großer Bedeutung sind, bei dem Gehen dagegen einen untergeordneten Einfluß haben, sind hier ausführlich berücksichtigt.

3006 Sprung. — Denken wir uns, eine elastische Feder stemme sich mit dem einen Ende gegen eine feste, nicht nachgebende Unterlage, während das andere mit einem hinreichend starken Gewichte belastet ist, so wird sie der Druck in einem bestimmten Grade krümmen. Da aber Wirkung und Gegenwirkung gleich sind, so arbeitet die Feder mit derselben Kraft, die sie

---

[1]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 239. u. 246.
[2]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 243.
[3]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 254.
[4]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 291. 292.
[5]) W. u. Ed. Weber, a. a. O. S. 296.

empfängt, entgegen. Die in ihr angeregte Thätigkeit kann, so wie das Belastungsgewicht fortgenommen oder auch nur vermindert wird, ungehinderter wirken. Ist sie groß genug, um die Schwere zu überwinden, und leistet der Boden den nöthigen Widerstand, so vermag sich ihre Gewalt nur nach oben hin zu richten. Die Feder streckt sich nicht bloß, sondern sie wird auch zu gleicher Zeit in die Höhe geschleudert.

Nehmen wir an, wir hätten einen eingeknickten Stab statt der Feder 3007
genommen und es seien Kräfte vorhanden, die ihn plötzlich gerade strecken und die Biegungen im Augenblicke aufheben, so muß der gleiche Erfolg zu Stande kommen. Der Mensch bereitet sich zum Sprunge vor, indem er seine Glieder und oft auch seinen Oberkörper einbiegt. Die schnelle und kraftvolle Streckung wirft ihn dann in die Höhe. Die Gegenthätigkeit der Schwere führt ihn später wieder zu dem Boden zurück. Er fällt in der Regel nur auf einen Theil des Fußes und hält seine Beine bei dem Herabkommen in einer leicht gebogenen Lage, um die Stärke des Stoßes zu mildern. Der Sprung wird daher auch die wenigste Gefahr darbieten, wenn die Zehen allein die Erde zuerst berühren.

Es versteht sich von selbst, daß eine weiche Unterlage, in welche die 3008
Füße bei der Streckung einsinken, das Springen erschwert oder hindert. Ein elastisches Seil, das im Schwingen begriffen ist, kann es im Gegentheil begünstigen, sobald es den Menschen gleichzeitig fortschleudert.

Die einzelnen Abtheilungen der Beine werden, bei dem Sprunge wo 3009
möglich, an beiden Enden gestreckt. Der Unterschenkel rollt daher nicht einfach im Fuß- und der Oberschenkel im Kniegelenke, sondern die Drehungsachsen dieser Theile liegen im Verlaufe der Diaphysen ihrer Knochen.

Die vorbereitende Stellung und der Grad, in dem sich die einzelnen 3010
Theile strecken, wechseln, je nachdem man vorzugsweise in die Höhe oder zugleich nach vorn oder nach hinten springen will. Soll die Körpermasse nach vorn geschleudert werden, so neigen wir sie während der Vorbereitung in bedeutenderem Maaße nach vorwärts. Steht das eine Bein vor dem anderen, so wird das Ziel leichter, als wenn dieses nicht der Fall ist, erreicht. Der Mensch läuft zuerst eine Strecke weit vorwärts, um sich dann um so eher nach vorn zu werfen. Lassen wir den Luftwiderstand bei Seite, so wird der Mensch in einer parabolischen Bahn gleich einem Wurfgeschosse dahineilen.

Jeder Mensch kann weit weniger rückwärts, als vorwärts springen. 3011
Er hält seinen Oberkörper gerade oder biegt ihn selbst etwas nach hinten. Die Streckung des Knie- und vorzüglich des Fußgelenkes wird hier vor Allem in Anspruch genommen.

Die Arme können wiederum das Fallen durch ihre Pendelschwingungen 3012
verhüten und durch ihre plötzliche Streckung die Wurfbewegung unterstützen. Sie werden daher, wenn man weit nach vorn springen will, im Schultergelenke nach hinten geführt und im Ellenbogengelenke gebogen. Sie schwingen im Augenblicke des Springens kräftig nach vorn und stellen sich nach oben und selbst etwas nach hinten, so wie der Körper den Boden erreichen will, um das Ueberschlagen zu verhüten.

Ueber die einzelnen Erscheinungen der Mechanik des Sprunges des Menschen s. Borelli, a. a. O. p. 205 — 214. G. R. Treviranus, in Tiedemann und Treviranus Zeitschrift für Physiologie. Bd. IV. Carlsruhe und Heidelberg, 1832. 4. S. 82. Taf. V. Fig. 2. Bishop, a. a. O. S. 471 ffg. Helié in dem Journal de la section de Medécine de la société académique du Département de la Loire inférieure. Vol. XIX. 1845. 8. p. 257 — 282.

3013 Kriechen und Klettern. — Beide Bewegungsarten benutzen die oberen Extremitäten nicht, wie die übrigen Gangweisen, zu Nebenzwecken, sondern überliefern ihnen von Zeit zu Zeit die Körperlast, damit sie sie gleich den Beinen säulenartig tragen. Sie erinnern daher in dieser Hinsicht an die Ortsveränderungen der Vierfüßer.

3014 Ein Mensch, der auf ebenem Boden fortkriecht, gebraucht den einen Arm und bald darauf das entgegengesetzte Bein zur Fortbewegung, während die beiden anderen Extremitäten die Körperlast zu halten suchen. Die Bewegung ist nicht bloß unbequem, sondern fodert auch viel Zeit, weil die einzelnen unzweckmäßig gestellten Glieder nur kleine Schritte machen können und sich länger mit ihrer stützenden Thätigkeit aufhalten. Die größere Anstrengung und die ungewöhnlichen Verhältnisse der Glieder ermüden auch bald in hohem Grade.

3015 Das Klettern bildet eine andere Art von Kriechen auf ansteigendem Boden. Die beiden Beine dienen im ersten Augenblicke als Stützen, damit der Oberkörper vorgeschoben werden könne. Ist dieses geschehen, so klammern sich die Arme an eine feste Stelle des Bodens, des Baumes, des Balkens. Sie liefern so die Haltpunkte, an denen sich die übrige Körpermasse emporzieht. Die beiden oberen Extremitäten wirken daher hier zu der einen und die beiden unteren zu einer anderen Zeit.

3016 Sucht der Mensch an einer nicht zu breiten runden Masse emporzuklimmen, so bemüht er sich, sie, so sehr es angeht, mit den Gliedern, die als Halter dienen sollen, zu umfassen. Er benutzt hierbei nicht bloß die Beuger, sondern auch die Anzieher. Der Unterschied des Baues, den die Hände und die Füße in dem Menschen und den Affen darbieten, lehrt am Besten, wie wenig wir ursprünglich für diese Bewegungsweise bestimmt sind.

Geht ein Amputirter an zwei Krücken, so schwingt er den unter beiden Achselhöhlen unterstützten Körper, während sein Bein gebogen ist, nach vorn. Die Drehungsachse liegt hierbei in der Linie, welche die oberen Endpunkte der Stützen verbindet. Da die Arme an den Stäben befestigt sind, so hat diese Gangweise eines der vorzüglichsten Merkmahle mit dem Kriechen oder Klettern gemein. Die breiten Rückenmuskeln (Latissimi dorsi) (*b* Fig. 138.), die jetzt ihren festen Punkt an den Oberarmen finden, geben vorzugsweise den Anstoß, der die Schwingung des Körpers einleitet. Ist sie vollendet, hat der Mensch das Bein auf den Boden gesetzt, so dreht er die Arme, mit denen er die Krückenstäbe fest hält, im Schultergelenke nach vorn und überholt so mit ihnen den vorgeschrittenen Fuß. Bedient sich ein solcher Kranker nur einer Krücke, so hüpft er gleichsam um den Stab, der die Achselhöhle unterstützt, oder er sucht den mangelnden Theil seines Beines zu ersetzen, indem er den Stock so nahe als möglich an seinen Stumpf andrückt. Vergl. Bd. I. §. 243.

Ein hölzernes Bein erfüllt noch vollständiger den letzteren Zweck. Da aber die Gelenkigkeit des Kniees mangelt, so muß das verstümmelte Glied, wenn es vorwärts oder rückwärts schreiten will, seinen Bogen nach außen hin beschreiben (§. 2979.). Die Muskeln des Oberschenkels strengen sich hierbei mehr, als bei dem Gehen an. Ist die Stelze

kürzer, wie das gesunde Bein, so ermüden sie schon weniger, weil sich das Ganze in geringerem Grade nach außen zu wenden braucht. Die Sicherheit des Ganges gewinnt auch hierdurch. Hat das künstliche Glied einen Fuß, der in dem Fußgelenke unbeweglich ist, so darf er nicht waagerecht stehen, sondern muß schief nach vorn emporsteigen. Die Fußsohle kann so scheinbar, wenn auch unvollkommen, von dem Boden abgewickelt werden (§. 2978.). Der Kranke ist auch um so eher, wenn er sein verkürztes Glied nach vorn wendet, vor jedem Anstoßen und dem Fallen gesichert.

Schwimmen. — Was das Fliegen für die Bewegung in der Luft, 3017
ist das Schwimmen für die im Wasser. Beide Arten von Ortsveränderungen fußen auf dem Widerstande und der Gegenwirkung gestoßener Flüssigkeiten.

Schlägt ein Körper eine elastische Masse mit einer gewissen Kraft und 3018
Geschwindigkeit, so arbeitet diese in der entgegengesetzten Richtung zurück. Sie sucht ihren Feind in dieser Bahn fortzustoßen. Die Größe der thätigen Oberfläche des angreifenden Körpers, deren Kraft und Geschwindigkeit, die Schwereverhältnisse des Ganzen, die Dichtigkeit und die Spannkraft der getroffenen Flüssigkeit bestimmen vor Allem den Erfolg dieser wechselseitigen Einwirkung. Es hängt von ihnen ab, ob die anregende Masse in der Flüssigkeit schwebt oder ob sie in einer bestimmten Bahn fortgetrieben wird.

Nehmen wir an, daß die durchschnittliche Eigenschwere des Menschen 3019
1,06 beträgt (Bd. I. §. 55.), so übertrifft sie die des Wassers um eine nur geringe Größe. Die stärkere Füllung der Lungen, die Schnelligkeit und die Kraft der passenden Gegenbewegungen können hier den Unterschied leichter ausgleichen. Thiere von verhältnißmäßig schwererer Körpermasse sind auf diese Weise zu schwimmen im Stande. Begünstigt auch keineswegs der Bau des Menschen diese Bewegungsweise, die zu seinem Aufenthalte auf dem Lande nicht paßt, so macht doch wenigstens die Uebung einen gewissen Grad von Vollkommenheit im Schwimmen möglich.

Anders dagegen verhält es sich mit dem Fliegen. Da die Atmosphäre beinahe 770 Mal so leicht, als das Wasser ist (Bd. I. §. 163.), so können sich nur Organismen, die besonders hierfür geeignet sind, längere Zeit in der Luft halten oder sie in beliebiger Richtung durchschneiden.

Das Schwimmen stimmt in sofern mit dem Kriechen und dem Klet- 3020
tern überein, als auch in ihm die Arme eben so wesentliche Rollen, wie die Beine übernehmen. Die Wurfbewegungen aber, die es häufig zu Hilfe zieht, erinnern in mancher Beziehung an die Erscheinungen des Sprunges. Die Athemmuskeln müssen hier überdieß viel Luft in die Lungen führen und sie, so lange als möglich, zurückzuhalten suchen.

Wechseln auch häufig die Bewegungen, die der Schwimmer zu machen 3021
pflegt, so stimmen sie doch immer darin überein, daß eine kräftige und schnelle Streckung einer vorangegangenen Beugung folgt, daß ein Glied, das eben angezogen war, abgezogen wird oder daß es sich behende von innen nach außen dreht. Alle diese Anstrengungen sollen die Wassermasse mit großer Kraft und Geschwindigkeit schlagen und in einer der beabsichtigten Fortbewegung entgegengesetzten Richtung verdrängen.

Die Beine beugen und strecken sich meistentheils auf das Lebhafteste. 3022

Ist es ihnen aber nur möglich, kleinere waagerechte Bogen zu beschreiben, so benutzen in dieser Hinsicht die Arme die ausgedehnten Vortheile, die das Schultergelenk gewährt (§. 2900.). Sie trennen daher die Wassermasse in weiteren Strecken, als die Beine. Ihre großen Bogen werden vorzüglich bei dem rudernden und schlagenden, ihre Biegungen dagegen bei dem kriechenden Schwimmen zu Hilfe gezogen. Arbeiten sie mit ungleichen Kräften, so bestimmen sie die seitliche Neigung des Körpers. Ist nur ein Arm oder ein Bein thätig, so sinkt der Körper nach der Seite der Wasserfurche hinab.

3023 Die Hand kann sich hierbei freier drehen, als der Fuß. Dieser bewegt sich jedoch oft genug in ähnlicher Weise innerhalb der ihm vorgeschriebenen engeren Grenzen. Da der hintere Schienbeinmuskel (Tibialis posticus) den inneren Fußrand kräftiger anzieht, so wurde er auch deshalb mit dem Namen des Schwimmmuskels (Nauticus) bezeichnet.

3024 Der Rumpf krümmt und streckt sich in vielen der hier auftretenden Bewegungen. Diese Thätigkeit desselben begünstigt unmittelbar das Fortkommen im Wasser. Der steife Oberkörper giebt aber auch zugleich festere Anhaltspunkte für die Gliedmaaßen, welche die Hauptveränderungen einleiten.

Ueber einzelne Bewegungen, die in den verschiedenen Arten des Schwimmens vorgenommen werden, s. J. P. Barthez, Neue Mechanik der willkührlichen Bewegungen des Menschen und der Thiere. Aus dem Französischen übersetzt von Kurt Sprengel. Halle, 1800. S. 313 — 323. Vergl. auch Borelli, a. a. O. S. 246 — 378. und J. Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien, 1846. 8. S. 167. Eine Abbildung der resultirenden Linien, die das gewöhnliche Schwimmen bedingt, findet sich z. B. in A. Baumgärtner, Die Mechanik in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe. Wien, 1834. 8. Taf. I. Fig. 5. Vergl. auch S. 17. desselben Werkes.

Stimme und Sprache.

1. Akustische Vorbegriffe.

Allgemeine Bedingung der Tonerzeugung. — Das Wesen 3025
des Schalles setzt voraus, daß ein Stoß oder ein vorübergehender mechanischer Eingriff das Gleichgewicht in den Theilen einer elastischen Masse zu stören im Stande ist. Die Atome werden dann im Augenblicke der Wirkung wechselseitig genähert oder entfernt. Ihre Elasticität, die den Trägheitsmomenten entgegenwirkt (§. 2797.), bemüht sich später, sie an ihren früheren Ort zurückzuführen. Sie schwingen deshalb in gleichzeitigen Wellen, deren Umfang von der Stärke des Stoßes und der Größe des elastischen Widerstandes ursprünglich abhängt. Er nimmt nach und nach ab, je mehr die Elasticität die Oberhand gewinnt, je mehr lebendige Kraft durch die Mittheilung der Stöße an benachbarte Körper verloren geht. Pflanzen sich die Erschütterungen bis zu unserem Ohre fort, so erzeugt sich jene eigenthümliche Empfindung, die wir unter der Benennung des Hörens kennen.

Wir bezeichnen die Eindrücke, die wir auf diesem Wege erhalten, mit 3026
verschiedenen Worten, je nachdem unser Ohr die Regelmäßigkeit des Vorganges wahrnimmt oder nicht. Wir werden nämlich später sehen, daß wir, wenn auch nicht unmittelbar, doch mittelbar unterscheiden, wie viel Schwingungen auf die Secunde kommen. Diese Auffassung hat ihre Grenzen. Es giebt einen kleinsten und einen größten Zahlenwerth, den die Erschütterungen nicht überschreiten dürfen, wenn unsere Gehörwerkzeuge diese ihre Eigenthümlichkeit mit Bestimmtheit erkennen sollen. Wiederholen sich nun die Stöße innerhalb dieses Bezirkes in regelmäßiger Weise und werden sie nicht gleichzeitig durch andere unpassende Erschütterungen gestört, so erhalten wir die Empfindung eines *musikalischen Tones*. Geht hingegen die Einfachheit der Bedingungen verloren, weil zwei Körper in wesentlich verschiedener Weise schwingen oder einer ungleiche Stoßbewegungen macht, so erzeugen sich jene *Geräusche*, die wir als Brummen, Schnarren, Zischen, Brausen u. dgl. bezeichnen. Ein feineres Ohr kann hierbei bisweilen noch Töne unterscheiden oder umgekehrt unangenehmer berührt werden, während beides in einem unempfindlicheren Gehörwerkzeuge hinwegfällt. Ein einfacher Stoß endlich führt zu dem allgemeinen Eindrucke eines *Schalles* oder *Knalles*, je nachdem die Schwingungen stärker oder schwächer sind und einen größeren oder kleineren Wellenumfang besitzen.

3027 Beherrscht ein gewisser Grad von Regelmäßigkeit alle untergeordneten Vorgänge, so macht die Tönung einen angenehmen Eindruck. Greifen dagegen andere unpassende Schwingungsweisen gleichzeitig ein oder folgen diese verwickelteren Bestimmungsgliedern, welche die harmonische Auffassung stören, so geht auch die Freude der Wahrnehmung verloren. Der Ton einer gut gestimmten Saite unterscheidet sich auf diese Weise von dem Schrillen, das den Strich eines an einer Glasplatte dahingleitenden Eisenstabes begleitet.

3028 Die gewöhnliche Art der Tonerzeugung beruht darauf, daß ein elastischer Körper einen Anstoß empfängt und nun vermöge seiner Spannkraft selbstständig fortschwingt. Sie hat aber nicht immer diese nachfolgende Thätigkeit nöthig. Wiederholen sich die Stöße eines weniger elastischen Körpers mit hinreichender Schnelligkeit und Regelmäßigkeit, so kann man ebenfalls zum Ziele gelangen.

3029 Der Druck verdichtet die tropfbaren Flüssigkeiten in unmerklichem Grade (Bd. I. §. 164.). Sie verlieren hierdurch den größten Theil der Compressionselasticität, die den Gasen in so hohem Maaße zukommt (Bd. I. §. §. 71. und 163.). Man pflegt sie daher sogar in diesem Sinne unelastisch zu nennen. Sie eignen sich aber dessenungeachtet zur Tonbildung unter den oben erwähnten Verhältnissen.

Eine von Cagniard-Latour angegebene Vorrichtung, die Sirene [1]), macht es möglich, daß ein Strom von Wasser oder einer anderen Flüssigkeit z. B. 10, 100 Mal und noch häufiger in $\frac{1}{10}$ Secunde oder einer anderen kleinen Zeiteinheit unterbrochen und wiederum freigelassen wird. Eine bestimmte entsprechende Tönung begleitet dann diesen Wechsel. Die Versuche von Wertheim [2]) lehrten ebenfalls, daß eine von verdichteter Luft gestoßene Wassersäule bestimmte Töne hervorzubringen im Stande ist.

3030 Sollen feste Körper unter dem Einflusse von Stößen tönend fortschwingen, so müssen ihre Molecularverhältnisse und ihre Form manche hierzu nöthige Bedingungen erfüllen. Die Grundlage des Ganzen bildet ein gewisser Grad von ursprünglicher oder durch Spannung angeregter Elasticität. Das Vorherrschen einer oder zweier der körperlichen Durchmesser über den dritten begünstigt die Sicherheit des Erfolges.

Ein dicker Metallstab, eine starke Glasscheibe, eine aus diesen Stoffen verfertigte Glocke besitzt den nöthigen Cohäsions- und Elasticitätsgrad, den die Tonschwingungen fodern. Nur mechanische Widerstände, die ihre Bewegungen hemmen, ändern auch die Laute, die sie sonst zu erzeugen pflegen. Eine dünne Saite von Metall oder von einer organischen Masse, eine thierische Haut dagegen kann erst ihre Kräfte, wenn sie in gehörigem Maaße angespannt ist, vollständig entwickeln. Aeußere Bedingungen müssen ihr den nöthigen Molecularzustand, der ihr sonst mangelt, zu verleihen suchen. Die geringe Dicke erleichtert aber hier die Ortsveränderungen der Theilchen, die der Schall voraussetzt.

---

[1]) Eine Abbildung derselben s. in Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik. Erste Auflage. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 51.

[2]) Wertheim, in L'Institut. Paris, 1847. 4. Nro. 693. p. 126.

Die Compressionselasticität (Bd. I. §. 71.) verleiht vor Allem den 3031
Gasen die Fähigkeit, die zur Tonbildung erfoderlichen Schwingungen vorzunehmen und fortzupflanzen. Es können daher die musikalischen Instrumente eben so gut auf den zitternden Bewegungen fester, als auf denen elastisch-flüssiger Körper fußen.

Da die Schwingungen Wellen bilden, die sich nach den für diese gül- 3032
tigen Gesetzen dem Ohre mittheilen, so pflegt man sie auch mit dem Namen der Schallwellen zu bezeichnen. Die schwingende Masse, die den Ton anregt, kann in Beugungs- oder in Verdichtungs- und Verdünnungs-, in Molecularwellen verfallen.

Wird z. B. eine gespannte Saite so angeschlagen, daß sie sich in drei gleiche Stücke sondert und daß jedes von diesen in den Bäuchen v und v' Fig. 146. hin- und herschwingt, so beschreiben diese Theile Beugungswellen. Nehmen wir an, eine äußere Gewalt habe den Punkt b Fig. 147. nach b' gezogen, so wird dieser, wenn die Wirkung nachläßt, mit beschleunigter Geschwindigkeit an seinen früheren Ort b zurückzukehren suchen. Hat er diesen erreicht, so bleibt er hier nicht ruhig liegen. Das Trägheitsmoment seiner angeregten Bewegung (§. 2796.) oder die erlangte Geschwindigkeit treibt ihn weiter fort. Seine Schnelligkeit nimmt aber von b nach b'' ab, weil die Elasticität immer mehr entgegenwirkt. Ist die größtmögliche Entfernung in b'' erreicht worden, so muß jetzt jene zur Triebkraft werden. Der Punkt geht daher wieder mit beschleunigter Geschwindigkeit nach b und mit verzögerter nach b'. Es entsteht so eine Reihe von pendelartigen Schwingungen. Ihr Umfang oder ihre Weite $b'b''$ nimmt um so mehr ab, je mehr lebendiger Kraft die Mittheilung der Stöße an benachbarte Körper, wie die Luft, aufgezehrt hat. Es tritt endlich zuletzt das Gleichgewicht der Ruhe ein.

Fig. 146.

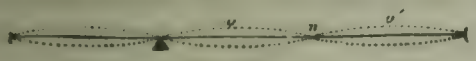
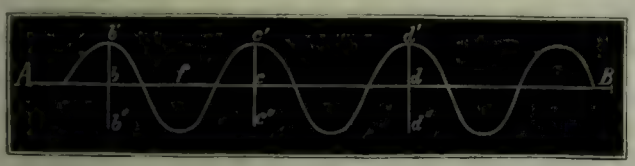


Fig. 147.



Die größte einseitige Entfernung des Molecüls von seinem ursprünglichen Orte, mithin bb' oder bb'', bestimmt den Werth einer einfachen oder einer halben, das Doppelte dieser Größe dagegen oder der Maximalabstand der ganzen Bahngrenzen $b'b''$ den einer ganzen oder einer vollständigen Schwingungs- oder Wellenweite oder Oscillationsamplitude. Jede halbe Schwingung verhält sich zur anderen nachfolgenden, wie eine positive zu einer negativen Größe Bleibt sich die Schwingungsdauer gleich, so muß die Schnelligkeit der Bewegung des Molecüls mit der Weite $b'b''$ zunehmen.

Denken wir uns dagegen, ein Stempel ps Fig. 148. gehe in der mit

Luft gefüllten sehr langen Röhre $bdtt'$ hin und her, so daß er nach der ersten Zeiteinheit in h und nach der zweiten wieder in s angelangt ist, so wird er das Gas nicht einfach, wie einen festen unelastischen Körper fortstoßen, sondern vermöge der Compressionselasticität desselben verdichten oder verdünnen. Betrachten wir zuerst ein Luftmolecül, das unmittelbar an s grenzt, so muß seine Verdichtung bei dem Vorrücken von s immer mehr steigen, bis es ein gewisses Maximum erreicht hat. Es wird wieder in seinen früheren Zustand zurückkehren, so wie seine Elasticität durch die Mittheilung an ein benachbartes Molecül frei wirken kann. Wir können uns daher diese Veränderung und die nachfolgende Rückkehr der Ruhe oder die verhältnißmäßige Verdünnung unter dem Bilde von bb' und bb'' Fig. 147. vorstellen. Der Dichtigkeitswechsel wird sich aber von Molecül zu Molecül fortpflanzen.

Fig. 148.

Nehmen wir nun an, er schreite während der Zeiteinheit des Vorrückens des Stempels von s nach a fort, so haben wir die Wellenlänge sa. Der vorderste Punkt s ist schon wieder zur Ruhe gekommen. Das entgegengesetzte Ende a befindet sich noch in dem anfänglichen Zustande der Ruhe. Seine Verdichtung soll eben beginnen. Da dieser Gegensatz von Molecül zu Molecül weiter geht, so ergiebt sich von selbst, daß die größte Veränderung in der Mitte der Welle liegen wird. Die vordere Hälfte derselben muß sich wieder zur hinteren, wie eine positive zu einer negativen Größe verhalten. Stellen wir uns die Zustände ihrer Theilchen mittelst der gleichen Ordinaten xx' und yy' Fig. 148. vor, so wird xx' in demselben Maaße aus der Verdichtung in das frühere Verhältniß zurückkehren, als yy' aus dem ursprünglichen Zustande in das der Verdichtung übergeht. xx' drückt das Streben nach verhältnißmäßiger Verdünnung und yy' das nach Verdichtung aus. Man sieht hieraus, daß sich die Molecularwellen unter denselben mathematischen Bildern, wie die Beugungswellen auffassen lassen.

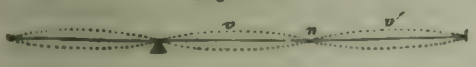
3033 Wiederholt sich eine Art von wiederkehrender Bewegung an einem und demselben Orte, so spricht man von *stehenden Schwingungen*. Die Unruhe, in die ein einseitig eingeklemmter Stahlstab, den man angestoßen hat, verfällt, gehört zu dieser Klasse von Erscheinungen. Durchkreuzt sich das Dichtigkeitsmaximum einer einfallenden Luftwelle mit dem Verdünnungsmaximum einer zurückgeworfenen, so bildet sich eine in dieser Beziehung *stehende Welle*. Die Lufttheilchen erleiden hier keine Veränderung ihres inneren Gefüges. Sie können aber dessenungeachtet hin und her schwingen. Die gedeckten Pfeifen, deren Länge in einem bestimmten Verhältnisse zur Wellenlänge ihres Grundtones stehen, eignen sich am Besten, diesen Fall zu versinnlichen [1]). Durchkreuzungspunkte entgegenge-

[1]) S. z. B. das Nähere in Joh. Müller, Grundriß der Physik und Meteorologie. Braunschweig, 1846. 8. S. 174 — 179.

setzter Beugungswellen werden eben so zu stehenden Wellen von diesen führen (Vgl. §. 3037.).

Schwingt ein Körper in einer Reihe einzelner Bruchstücke, so bleiben 3034
die Grenzen derselben in Ruhe. Man nennt sie die Knotenpunkte. Tönt eine Saite unter den eben erwähnten Voraussetzungen, so verharrt

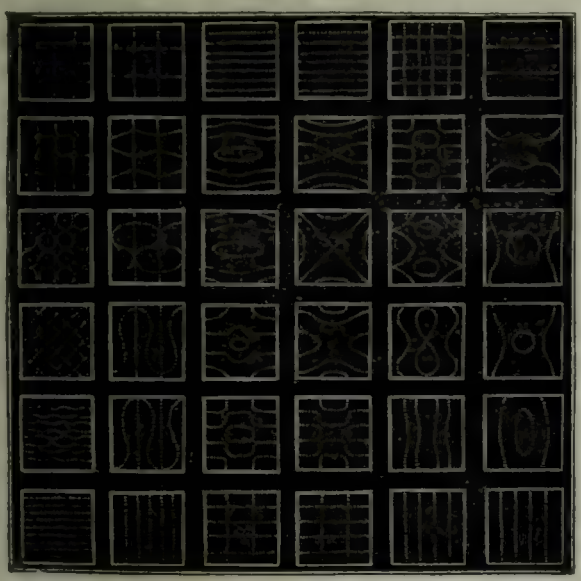
Fig. 149.



n Fig. 149. an seinem früheren Orte, während jedes Molecül der Bäuche *v* und *v'* den §. 3032. geschilderten Schwankungen unterliegt. Ein Stückchen Papier oder ein sogenannter Reiter, den man auf *n* gelegt hat, fällt aus diesem Grunde nicht herab.

Was die Knotenpunkte für die Saiten, das sind die Knotenlinien 3035
für tönende Platten oder für gespannte Häute, mit einem Worte für Körper, in denen die Dicke gegen die Länge und die Breite zurücktritt. Die Chladnischen Klangfiguren können sie am Besten versinnlichen. Die feinen Theile des Sandes, des Bärlappsamens, der Mischung von Lacmus und Gummi, die aufgestreut wurden, werden von den bewegten Stellen fortgeschleudert. Sie häufen sich dafür in der Nachbarschaft der Knotenlinien an. Da die Verhältnisse der tönenden Häute für die Physiologie der Stimme und des Gehörs von Wichtigkeit sind, so wollen wir uns in Fig. 150. eine Reihe von Klangfiguren, die Savart an viereckigen ausgeschnittenen Membranen beobachtet hat, versinnlichen. Die Punkte bezeichnen die Bahnen der Knotenlinien. Geht man in jeder waagerechten Reihe der Fig. 150. von einer Seite zur anderen fort, so erhält man die mannigfachen Bilder, die verschiedenen Tonhöhen entsprechen.

Fig 150.

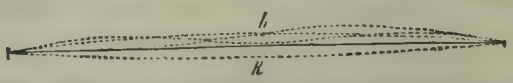


Hat man eine Saite angeschlagen, so liegen die Beugungswellen vor- 3036
zugsweise der Quere nach, wie es Fig. 149. andeutet Der Theil der Saite, der einen Bauch bildet, wird zugleich ausgedehnt. Er sucht vermöge seiner Elasticität zu seiner früheren Länge zurückzukehren. Die Dehnung und der elastische Widerstand werden von dem Anzugspunkte bis zu jeder Anheftungsstelle, und zwar in entgegengesetzter Richtung, arbeiten. Es erzeugen sich auf diese Weise neue Wellen, die der Länge nach verlaufen. Da ähnliche Verhältnisse in anderen festen Körpern der mannigfachsten Form wiederkehren können, so unterscheidet man zunächst trans-

versale oder quere und longitudinale oder Längenschwingungen. Es können aber noch außerdem drehende Schwingungen vorkommen. Sie entstehen vorzugsweise, wenn sich neue Hindernisse der freien Wirkung der queren Erschütterungen entgegensetzen [1]).

3037 Bebt eine Saite im Ganzen oder in ihren beiden Hälften, die sich durch h und h' Fig. 151. begrenzen, so hindert dieses nicht, daß untergeordnete Wellen einzelne Stücke derselben gleichzeitig ergreifen oder daß verschiedene Theile rascher, als das Ganze in demselben Augenblicke schwingen. Dieses auf den ersten Blick befremdende Verhältniß ergiebt sich als Nothwendigkeit aus der höheren mathematischen Analyse der Erscheinungen. Die Erfahrung bestättigt auch den Schluß der Theorie. Man hört bisweilen jene untergeordneten eigenthümlichen Schwingungen als Nebentöne. Sie können sogar in der Aeolsharfe eine Grundtönung bedingen.

Fig. 151.



3038 Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles. — Erinnern wir uns der §. 3032. gegebenen Erläuterungen, so werden wir einsehen, wie die Elasticität der Molecüle, welche die Stöße aufnehmen und abgeben, einen wesentlichen Einfluß auf die Geschwindigkeit, mit der sich ein Ton in einem bestimmten Mittel fortpflanzt, ausübt. Stehen Spannkraft und Dichtigkeit in keinem immer gleichartigen Verhältnisse, so tritt dieses als zweites Bedingungsglied auf. Newton schloß in der That, daß dann die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch die Quadratwurzel des Quotienten der Elasticität und der Dichtigkeit, d. h. durch die Quadratwurzel der sogenannten specifischen Elasticität, ausgedrückt werden kann. Führt man hiernach die Rechnung für die atmosphärische Luft durch, so erhält man 279,3 Meter für 0° C. und für eine Secunde der Fortbewegung. Die Erfahrung ergiebt aber, wie wir bald sehen werden, 331 bis 333 Meter. Es müssen daher hier noch andere Nebenerscheinungen das Ergebniß wesentlich ändern.

Anhang Nr. 125.

Laplace suchte den Grund dieser Abweichung in der Wärmeentwickelung, die jede Verdichtung eines Gases begleitet. Die Erhöhung der Temperatur vergrößert die Spannkraft der Gase und der Dämpfe (Bd. I. §. 180.). Es hängt aber von Wärmecapacität der Luftart (Bd. I. §. 299.) ab, wie viel Wärmegrade durch irgend eine Einwirkung frei werden. Dieses zweite Bedingungsglied wechselt mit der Temperatur (Bd. I. S. 151.).

Laplace verbesserte daher die Newton'sche Formel in der Art, daß er die Fortpflanzungsgeschwindigkeit aus der Quadratwurzel des Productes der specifischen Elasticität und des Quotienten der Wärmecapacität bei beständigem Volumen und der unter beständigem Drucke berechnete. Legt man die älteren Erfahrungen von Clément zum Grunde, so erhält man dann 311,8 Meter Secundengeschwindigkeit der Luft von 0° C., mit-

[1]) Duhamel, in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. S. 15—17.

hin schon einen annähernd richtigeren, obgleich noch immer nicht genügenden Werth.

Nimmt man das Mariotte'sche Gesetz überall an, so wird die Verschiedenheit des Druckes, abgesehen von den Temperaturverhältnissen, die Fortpflanzungsschnelligkeit eines Gases nicht ändern, weil Spannkraft und Druck oder Dichtigkeit in gleichem Grade fallen oder steigen. Da man aber auch Ausnahmen des Mariotte'schen Gesetzes kennt (Bd. I. §. 163.), so ergiebt sich von selbst, daß jener Ausspruch keine allgemeine Gültigkeit besitzt.

Die Wärme, welche die Spannkraft der Gase vergrößert, wird auch 3039
die Fortpflanzungsgeschwindigkeit erhöhen. Arago [1]), der seine Untersuchungen in Verbindung mit mehreren anderen Forschern anstellte, fand 340,88 Meter für atmosphärische Luft von 16° C. Wir erhalten hieraus die für 0° C. gültige Schnelligkeit, wenn wir jene 340,88 Meter durch die Quadratwurzel des um 1 erhöhten Productes der Temperaturgrade und des Ausdehnungscoefficienten theilen. Anhang Nr. 125.
Nehmen wir den Letzteren zu 0,003665 an (Bd. I. §. 344.), so haben wir 331,30 Meter für 0° C.

Die übrigen Beobachtungen weichen hiervon nicht wesentlich ab. Berechnet man die Erfahrungen von Moll und van Beek [2]) nach jenem neueren Ausdehnungscoefficienten, so erhält man 332,25 Meter. Bravais und Martins [3]), die ihre Versuche zwischen dem Brienzer See und dem Faulhorn anstellten, kamen auf 332,37 Meter. Wertheim [4]) berechnete 330 bis 332 Meter.

Die von Kendal [5]) in den nördlichen Polargegenden vorgenommenen Untersuchungen lehrten, daß die Formel, nach der man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles der Luft eines gewissen Kältegrades auf die von 0° C. zurückführt, mit der Erfahrung übereinstimmende Werthe liefert. Seine Beobachtungen beziehen sich auf — 2°,5 C. bis — 40°,56 C. Zieht man das Mittel aus den hierbei gefundenen Größen, so erhält man 0,6365 Meter für 1° C. Die Theorie fodert 0,599 Meter. Anhang Nr. 125.

Ueber diese Verhältnisse s. Muncke, in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 478. Vergl. auch Dove und Moser's Repertorium der Physik. Bd. IV. Berlin, 1842. 8. S. 105 — 107.

Es ergiebt sich von selbst, daß auch noch andere Einflüsse, wie z. B. 3040
Luftströmungen oder der Feuchtigkeitsgehalt (Bd. I. §. 180 fgg.), der die Spannkraft der Atmosphäre ändert, auf die Schallgeschwindigkeit wirken können. Weht ein Wind in der Richtung des Schalles, so wird hierdurch die Schnelligkeit der Mittheilung verstärkt. Sie verzögert sich dagegen bei der ihr entgegengesetzten Bahn der Luftströmung. Greift ein beschleunigender Windstoß die Schallwellen unter einem schiefen Winkel an, so sinkt

---

[1]) Arago, in den Annales de Chimie et Physique. Tome XX. p. 210.
[2]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. S. 395.
[3]) Bravais und Martins, in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XIII. Paris, 1846. 8. p. 25.
[4]) Wertheim, a. a. O. p. 127.
[5]) Gehler's physikalisches Wörterbuch a. a. O. S. 399.

sein Einfluß um so mehr, je näher seine Stoßrichtung einem Rechten steht. Sadebeck [1]), der die hierfür gültigen mathematischen Formeln entwickelte, bemerkte, daß die Wirkung bei 90° nicht Null und selbst nicht einmal zu einem Minimum wird. Der Winkel aber, bei dem seine Wirkung ganz verschwindet, steht einem Rechten sehr nahe. Er gleicht nach jenem Forscher 89°43′11″ für 10 Fuß oder 3,1 Meter Geschwindigkeit des Windes und 89°9′33″ für 9,3 Meter Schnelligkeit des Luftstromes.

3041 Die Theorie fodert, daß sich der Schall im Wasser 1428 Meter in der Secunde fortpflanze. Colladon und Sturm fanden auch in der That bei ihren Untersuchungen 1435 Meter. Die Geschwindigkeit wäre hiernach 4,3 Mal so groß, als in der Atmosphäre. Wertheim [2]) bemerkt jedoch, daß die Zahlen, zu denen ihn seine Beobachtungen geführt haben, bedeutend kleiner ausfallen. Manche frühere Zweifel, die gegen jenen Werth angeregt wurden, scheinen sich auch hiernach zu bestättigen.

3042 Chladni fand durch mittelbare Berechnungen, daß sich die Schallwellen in Fischbein $6^2/_3$, in Zinn $7^1/_2$, in Silber 9, in Messing, Nußbaum-, Tarus-, Eichen- und Pflaumenholz $10^2/_3$, in irdenen Pfeifenröhren 10 bis 12, in Kupfer 12, in Birnbaum- und Rothbuchenholz $12^1/_2$, in Akazien-, Eben-, Hagenbuchen-, Ulmen-, Erlen- und Birkenholz $14^2/_3$, in Linden- und Kirschbaumholz 15, in Weiden- und Pinienholz 16, in Glas, Eisen und Stahl $16^2/_3$ und in Tannenholz 18 Mal so schnell, als in der Luft verbreiten. Diese Angaben fußen auf einem von E. H. und W. Weber bestättigten Theorem, welches die Tonhöhen eines longitudinal schwingenden festen Stabes und die einer gleich langen Luftsäule mit den Verhältnissen der Schallgeschwindigkeit in Beziehung bringt [3]). Biot und Martin beobachteten, daß 10,5 den gußeisernen Röhren zukommt. Man hört deshalb auch die Schwingungen, die sich in den Wänden von diesen fortpflanzen, früher, als den Ton der in ihnen eingeschlossenen Luftsäule.

Eine Zusammenstellung der in dieser Hinsicht noch von Savart, Lagerhielm und Tredgold angegebenen Werthe findet sich in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. S. 106. 107.

3043 Höhe, Stärke und Klang der Töne. — Die Zahl der Schwingungen bestimmt die Höhe der Töne. Bleibt das Mittel, dem die Schallwellen angehören, dasselbe, so nimmt die Länge der Wellen mit der Zahl der unter sich gleichen, auf dieselbe Zeiteinheit kommenden Schwingungen ab. Höhere Töne haben deshalb kürzere Schallwellen. Ihre absolute Größe richtet sich aber nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Mittels, in dem sie weitergehen. Sie fallen deshalb unter sonst gleichen Verhältnissen in Gasen am Kürzesten und in festen Körpern am Längsten aus.

Die Stärke des Tones hängt von der Schwingungsweite oder dem Grade der Ausweichung eines jeden Molecüls ab. Da dieser Werth die

---

[1]) Sadebeck, in der Uebersicht der Arbeiten und Veränderungen der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur im Jahre 1844. Breslau, 1844. 4. S. 171. 172.

[2]) Wertheim, a. a. O. p. 127.

[3]) Siehe das Nähere in Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Bd. II. Braunschweig, 1844. 8. S. 84. 85.

Schwingungsdauer nicht verändert (§. 3032.), so ergiebt sich von selbst, daß sich jedes Atom mit größerer Geschwindigkeit während eines starken, als während eines schwachen Tones derselben Art bewegen wird. Ein und derselbe hohe oder tiefe Ton kann demgemäß stärker oder schwächer ausfallen. Man hat hingegen noch nicht die Ursachen, von denen der Klang abhängt, mit Sicherheit ermittelt. Die Moleculareigenschaften der schwingenden Masse üben in dieser Hinsicht den größten Einfluß aus.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist die Ausdehnung, in der sich die Veränderung innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit von Molecul zu Molecul mittheilt. Nehmen wir an, *sc* Fig. 152. sei die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Luft für eine Secunde der Zeit, so wird *s* in dem ersten und der andere Endpunkt *c* nach dem letzten Augenblicke der Secunde in Unruhe gerathen. Wir nennen aber Wellenlänge den Umfang oder die Wegstrecke, innerhalb welcher die Veränderung während der Dauer einer vollständigen Schwingungszeit des zuerst angeregten Moleculs fortgeht. Betrüge diese eine ganze Secunde, so würde auch die Wellenlänge mit *sc* zusammenfallen. Gliche sie dagegen nur $^1/_3$ Secunde, so hätten wir die Wellenlängen *sa*, *ab* und *bc* oder $^1/_3$ *sc*.

Fig. 152.

Nehmen wir die Schwingungsdauer als beständig an, so ergiebt sich von selbst, daß die Wellenlänge von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit abhängen muß. Wäre diese 10 Mal so groß, als *sc*, für ein zweites Mittel, so würden auch die Drittheilstücke *sa*, *ab*, *bc* 10 Mal so lang ausfallen. Bleibt umgekehrt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit *sc* dieselbe, so muß die Wellenlänge von dem Bruchtheile der Zeit abhängen, den eine vollständige Schwingungsdauer des Molecüles *s* in Anspruch nimmt. Sie bildet mithin den Ausdruck der verhältnißmäßigen Beziehungen der Zeit der Schwingung eines Atomes und der Fortbewegung der Veränderung längs einer Reihe gleichartiger Atome.

Da diese Begriffe nicht bloß für die Erscheinungen des Schalles, sondern auch für die des Lichtes von Bedeutung sind, so wollen wir sie uns noch durch eine bildliche Anschauung klarer zu machen suchen. Denken wir uns, wir hätten einen kleinen Körper in dem Mittelpunkte der Fig. 153. gezeichneten Abbildung in das Wasser geworfen, so wird sich die Wellenbewegung in einer Reihe von Kreisen ausbreiten. Diese stellen den Ausdruck der Fortpflanzung der Erschütterung, nicht aber einer entsprechend weiten Fortbewegung der Theilchen selbst dar. Ein Molecül, das früher im Mittelpunkte lag, befindet sich nicht nach Verlauf der ersten Welle in *a*. Es schwingt nur in einem kleinen Bezirke, hat aber seine Unruhe bis *a* verbreitet. Nehmen wir an, es hätten sich vier Wellenberge, welche die ganzen und vier Wellenthäler, welche die punktirten Kreise ausdrücken, in einer Secunde erzeugt, so werden sich die verschiedenen, ihnen angehörenden Molecüle in demselben Augenblicke in den gleichen Schwingungszuständen in den ausgezogenen und wiederum in anderen gleichen in den punktirten Kreisen befinden. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit kann durch den Halbmesser, den wir uns von dem Mittelpunkte zu dem äußersten ganzen Kreise geführt denken, die Wellenlänge dagegen durch den Abstand zwischen je zwei ausgezogenen oder je zwei punktirten Kreisen ausgedrückt werden. Machte jedes Molecül nur eine Schwingung, so würde nur eine Welle in dem letzten Viertheile der Secunde an dem äußersten Umfange bemerkt werden. Ist dieses nicht der Fall, so haben die Molecüle der letzten Wellen ihre Bewegung nur ein Mal, die der vorletzten zwei Mal, die der folgenden drei Mal und die der innersten vier Mal in jener

Fig. 153.

Zeit durchgemacht. Je eine punktirte Linie oder ein Wellenthal muß aber einer halben Wellenlänge entsprechen.

Bleibt die Elasticität des Mittels in allen Richtungen die gleiche, so wird sich die Erschütterung, die wir uns in den Mittelpunkt versetzt denken, in Kugelschichten mit einer der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entsprechenden Schnelligkeit verbreiten. Beziehen wir den Halbmesser derselben auf eine gewisse Zeiteinheit, so erhalten wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Bestimmen wir die Dicke, an deren beiden Enden die Molecüle die gleichen Verhältnisse darbieten, so haben wir die Wellenlänge. Fällt dagegen die Elasticität des Mittels nach den verschiedenen Richtungen des Raumes ungleich aus, so werden sich auch nicht mehr die Wellen kugelförmig verbreiten. Geht endlich eine Welle in einem Mittel von anderer Elasticität weiter, so muß sich ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und mithin auch ihre Länge ändern.

Wir sind endlich noch im Stande, die Art, wie jedes einzelne Molecül schwingt, auf zwei Richtungen zu beziehen. Denken wir uns, es bewege sich nur in einer Ebene hin und her, so kann diese mit einer Ebene eines Halbmessers der Kugelschichten zusammenfallen oder sie senkrecht schneiden und daher mit den Berührungsebenen der Kugeloberflächen übereinstimmen. Wir werden in der Lehre von dem Sehen finden, daß dieser Unterschied eine gewisse Bedeutung für die Beziehungen des Gesichtes und des Gehörs besitzt. (Vgl. §. 3369.)

3044 Nehmen wir die Schwingungszahl, die einem Grundtone zukommt, zur Einheit, so hat die nächst höhere Octave gerade das Doppelte dieses Werthes. Die ganzen Töne, die zwischen je zwei Octaven liegen, entsprechen gewissen Bruchtheilen, die jedoch nicht stetig wachsen. Stellen wir die ihnen angehörenden Zahlen übersichtlich in gemeinen und in Decimalbrüchen zusammen, so erhalten wir:

Ganze Töne Bezeichnung		c	d	e	f	g	a	h	$\overline{c}$
	deutsche	c	d	e	f	g	a	h	$\overline{c}$
	italienische	ut	re	mi	fa	sol	la	si	ut_2
Verhältnißmäßige Schwingungszahlen	in gemeinen Brüchen	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
	in Decimalbrüchen	1,000	1,125	1,250	1,333	1,500	1,666	1,875	2,000

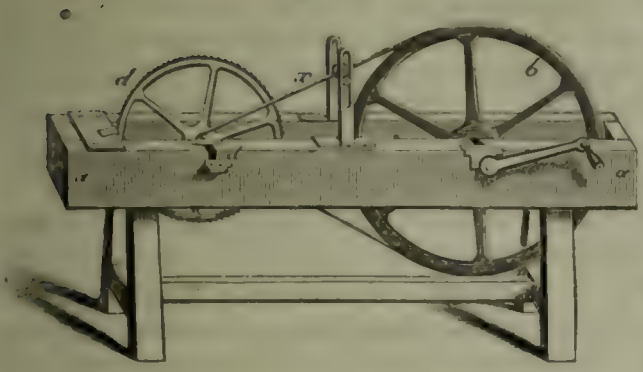
c bis d giebt die Secunde, c bis e die Terz, c bis f die Quart, c bis g die Quinte, c bis a die Sexte und c bis h die Septime. Die Terz, die Quinte, der Grundton oder die Octave erzeugen eine Consonanz oder einen Accord, die Secunde oder die Septime dagegen und der Grundton eine Dissonanz.

Die halben Töne und die anderen dazwischen liegenden Töne entsprechen untergeordneten Bruchtheilen, deren Werthe mehr oder minder sicher auf dem Erfahrungswege ermittelt worden sind. Der Anhang Nr. 126. liefert die zuverlässigsten Zahlen, die man bei diesen Bemühungen erhalten hat.

Anhang Nr. 126.

Der Gebrauch der §. 3029. angeführten Sirene setzt uns in den Stand, die Höhe der Töne mit der dazu gehörenden Zahl der Stöße zu vergleichen. Eine von Savart angegebene Vorrichtung erfüllt den gleichen Zweck. Ein festes Gestell *aa* Fig. 154.

Fig. 154.



trägt zwei Räder. Das eine *b*, das durch eine Kurbel gedreht werden kann, verbindet sich mit dem anderen *d d* mittelst eines endlosen Riemens *x*. *d* besitzt eine Reihe von Zähnen, von denen jeder bei dem Umdrehen gegen eine vorstehende, in der Abbildung angegebene Platte stoßen kann.

Weiß ich nun z. B., daß *d* 500 Zähne hat und sich 10 Mal dreht, während *b* einen einzigen Kreisbogen beschreibt, so werden 5000 Stöße auf diesen kommen. Die Tonhöhe und die Zahl der Schwingungen lassen sich auf diese Weise in Beziehung bringen. Man sieht übrigens leicht, daß schon wenige Stöße, von denen jeder nur $\frac{1}{5000}$ Secunde dauert, denselben hohen Ton erzeugen müssen.

Kennt man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die ein gewisses Mittel 3045
dem Schall gestattet, so läßt sich auch hieraus die Wellenlänge, die einem einzelnen Tone für diesen Fall zukommt, berechnen. Wir sahen (§. 3039.), daß in dieser Hinsicht die Luft von 0° C. 332,37 Meter giebt. Durchläuft aber der Ton diesen Weg in einer Secunde und macht gleichzeitig das a der gewöhnlichen Stimmgabel oder das $\overline{a}$ des Gesanges 880 Schwingungen, so werden jeder Welle $\frac{332{,}37}{880}$ oder 0,38 Meter zukommen. Sie muß dagegen 18 Mal so lang in Tannenholz ausfallen (§. 3042.).

Wie haben schon früher (§. 3037.) bemerkt, daß Nebentöne außer 3046
dem Haupttone entstehen, wenn eine Saite im Ganzen und in einzelnen Theilen gleichzeitig schwingt. Es klingt dann z. B. die Octave oder die Quinte mit. Die Flageolettöne, die Laute der Aeolsharfe, der Pfeifen, des Hornes und selbst der menschlichen Stimme führen bisweilen zu ähnlichen Erscheinungen. Sie kommen nicht selten dadurch zu Stande, daß ein tönender Körper harmonische oder disharmonische Schwingungen in einem anderen veranlaßt.

Die Verhältnisse, die wir unter dem Namen der Resonanz kennen, 3047
schließen sich hieran genau an. Ist eine Masse senkrecht mit einer anderen verbunden, so erzeugen longitudinale Schwingungen der einen quere der zweiten und umgekehrt. Feste Körper erzittern durch Schallwellen der Luft und diese kann auch von jenen in Thätigkeit versetzt werden. Die mitgetheilten Schwingungen verstärken den Ton, sobald ihre Wellen die geeigneten Merkmahle besitzen. Sie geben ihm dann einen volleren Klang und machen ihn hörbarer oder angenehmer. Sie sind es, welche die Resonanz der musikalischen Instrumente, der akustisch gebauten Zimmer und der einzelnen Theile der Stimmwerkzeuge und des Gehörorganes bedingen.

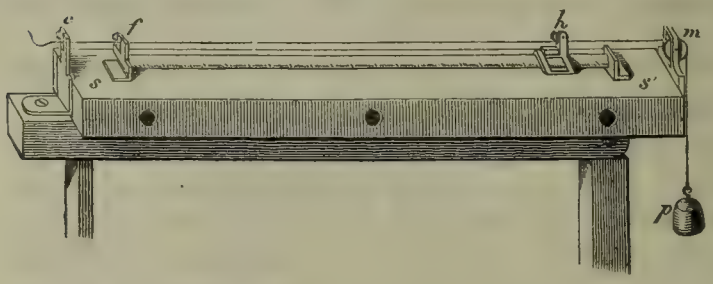
Saiten. — Die Dichtigkeit, die Länge, die Dicke und die Größe 3048
der spannenden Kräfte bestimmen hier die Menge der Schwingungen und

mithin auch die Höhe des Tones (§. 3043.). Halten wir uns an die allgemeine Grundformel, welche die Pendel-Gesetze nach den von Lagrange am Schärfsten entwickelten mathematischen Betrachtungen ergeben, so finden wir, daß die Schwingungszahl unter sonst gleichen Nebenbedingungen gerade mit den Quadrat-Wurzeln der spannenden Gewichte und umgekehrt mit den Längen oder den Dicken, so wie mit den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten zu oder abnimmt.

3049 Da die Octave zwei Mal so viel Schwingungen, als der Grundton fodert, so wird sie der Theorie nach bei der halben Länge oder der halben Dicke, dem vierfachen spannenden Gewichte oder einer vier Mal so geringen Eigenschwere zu Stande kommen. Die Erfahrung führt jedoch bisweilen zu anderen Erscheinungen der Nebenverhältnisse wegen. Eine Darmsaite besitzt nicht völlig gleiche Molecularbedingungen in allen Schichten ihrer Dicke. Wählt man eine dünnere, so kommt nicht immer nur die Verkleinerung des Durchmessers in Betracht. Der Wechsel der Länge oder der Spannung kann auf ähnliche Hindernisse stoßen. Ist eine Darmsaite mit Metalldrath umsponnen, so verwickeln sich die Erscheinungen der Ungleichheit der Stoffe wegen. Die Dichtigkeit bildet endlich oft nicht den einzigen Ausdruck der hier in Betracht kommenden Maleculareigenschaften.

Das Fig. 155. abgebildete Monochord kann die Hauptgesetze der Saitenschwingungen zur Anschauung bringen. Eine Saite wird in *c* eingeklemmt. Sie geht dann über zwei Stege *f* und *h* und eine Rolle *m*. Ihr zweites Ende wird von einem Gewichte *p* gespannt. Ein Resonanzboden *ss'* verstärkt die Tönung, die sie bei dem Anschlagen hören läßt.

Fig. 155.



Da der Steg *h*, in dem sie mittelst einer Preßschraube befestigt werden kann, verschoben zu werden vermag, so ist man in den Stand gesetzt, die Länge des schwingenden Stückes zu verändern. Der beigefügte Maaßstab belehrt über die Größe dieses Eingriffes. Der Wechsel des Gewichtes *p* kann die Spannungsgrade ändern.

Da die Schwingungszahlen in dem entgegengesetzten Verhältnisse zu den Saitenlängen stehen, so brauchen wir nur die §. 3044. für die ganzen Töne angeführten Brüche umzukehren, um die ihnen entsprechenden Saitenlängen zu erhalten. Wir finden dann:

Ganze Töne.		c	d	e	f	g	a	h	c
Verhältnißmäßige Saitenlängen	in gemeinen Brüchen	1	8/9	4/5	3/4	2/3	3/5	8/15	1/2
	Decimalbrüchen	1	0,888	0,800	0,750	0,666	0,600	0,533	0,500

Anhang Nr. 126. Die Saitenlängen der einzelnen Zwischentöne sind in Anhang unter Nr. 126. verzeichnet.

3050 Häute. — Wird eine elastische Haut, deren Längendurchmesser gegen die Breite und Dicke in hohem Grade vorherrscht, nur in einer Rich-

tung angespannt, so verhält sie sich in dieser Hinsicht, wie eine Saite, die nur im Ganzen oder zugleich in ihren einzelnen Theilen schwingt (§. 3037.). Besitzt sie dagegen eine größere Breite, so können zwei Fälle eintreten. Die Haut erzittert im Ganzen gleichförmig oder es erbebt vorzüglich nur das freiere Stück, das den Stößen am Meisten ausgesetzt ist und mit einem Theile seiner Oberfläche unbefestigt hervorragt. Die Verhältnisse gleichen eher in dem ersteren Falle den Erscheinungen, die allseitig gespannte Häute darbieten, deren Normen jedoch bis jetzt nur unvollkommen ermittelt worden sind. Die Aehnlichkeit mit den Saiten tritt wieder in dem zweiten Fall hervor. Die innige Verbindung mit den weniger thätigen Nachbartheilen der Haut kann jedoch nicht unbedeutende Veränderungen herbeiführen.

Schwingende Luftmassen. — Wird eine verhältnißmäßig lange 3051
Gassäule an ihrem einen Ende zu wiederholten Malen in hinreichend kurzen Zeiträumen angestoßen, so bilden sich hin und hergehende tönende Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Einzelne Knotenpunkte, in denen keine solche Molecularveränderungen auftreten, trennen sie nicht selten von einander. Die hierbei vorkommenden Erscheinungen erinnern in mancher Hinsicht an die Bebungen, die feste Körper unter den gleichen Bedingungen darbieten. Man bemerkt jedoch hier nur longitudinale, nicht aber quere oder drehende Schwingungen (§. 3036.).

Die Töne eines großen Theiles der Blasinstrumente rühren von den Be- 3052
wegungen der in ihnen enthaltenen Luftsäule her. Die meisten Akustiker nehmen sogar an, daß dann die Beschaffenheit der Wände für die Höhe des Tones gleichgültig ist und daß sie bloß den Klang desselben bestimmt. Besitzt nur die Luftsäule genau die gleiche Länge, so erhält man dieselbe Tiefe oder Höhe der Laute, das Rohr selbst mag aus Metall, Holz oder Papier verfertigt sein. Die von Savart[1]) angestellten Beobachtungen sprechen jedoch gegen die Allgemeinheit dieser Ansicht. Besteht das Rohr aus einem weicheren Stoffe, z. B. aus Pergament, so erhält man einen weit tieferen Ton, als wenn es von Metall oder Holz ist. Erschlafft man dessen Wände durch Wasserdämpfe, so sinkt noch selbst der Ton um zwei Octaven tiefer, als er ursprünglich war. Die Tonhöhe ändert sich selbst schon, wenn das Pergament nur einen Theil der Wand einnimmt[2]).

Eine Luftsäule läßt sich am Einfachsten in die nöthigen Schwingun- 3053
gen versetzen, wenn man eine an dem einen Ende geschlossene und mit Atmosphäre gefüllte Röhre an ihrer Mündung anbläst. Die Töne, die ein kleines Fläschchen, ein Schlüssel, eine Hirtenflöte giebt, entstehen auf diese Weise. Die Pfeifen werden von einer Endöffnung aus angesprochen. Die gedrängte Luft entweicht zwar durch eine oder mehrere Nebenöffnungen. Sie erschüttert aber zugleich die übrige Gassäule, die in dem Rohre enthalten ist. Die Stöße treten endlich in der Flöte von einer Seitenöffnung her ein.

Die Schallwelle des tiefsten Tones oder des Grundtones, den eine 3054

---

[1]) J. B. Biot, Lehrbuch der Experimentalphysik oder Erfahrungs-Naturlehre. Uebersetzt von G. Th. Fechner. Zweite Auflage. Bd. II. Leipzig, 1829. 8. S. 90. 91.

[2]) Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 71. 72.

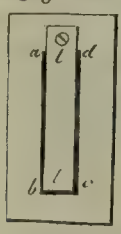
offene Röhre giebt, ist eben so lang, als das Rohr selbst. Ein einseitig geschlossener oder gedeckter Cylinder von gleichem Längendurchmesser dagegen hat die nächste tiefere Octave zum Grundtone. Es ergiebt sich hieraus, daß hier die Wellenlänge doppelt so groß, als die Röhrenlänge sein muß (§. 3043. 3044.).

Ist eine Orgelpfeife 32 rheinländische Fuß lang, so entspricht dieses 10,03 Meter. Gleicht die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Luft 337,37 Meter bei 0° C. (§. 3039.), so giebt ihr tiefster Ton 33,13 Schwingungen in der Secunde (§. 3043.). Man pflegt nur 32 Erschütterungen anzunehmen, um mit einfachen, durch 2 theilbaren Werthen rechnen zu können. Wir wollen aber in der Folge den näheren Werth 33, den auch einzelne neuere französische Akustiker voraussetzen, den späteren Berechnungen zum Grunde legen.

3055 Die Länge der Röhre oder die der in ihr enthaltenen Luftsäule bildet nicht das ausschließliche Bestimmungsglied der Tonhöhe. Sie hängt vielmehr auch von der Stärke des Stoßes, des Blasens oder des Anspruchs ab. Nimmt man die Schwingungszahlen des Grundtones zur Einheit, so geben dann offene Röhren Töne, die durch vollständige vielfache Reihen derselben, mithin durch 2, 3, 4, 5 ausgedrückt werden, gedeckte Röhren dagegen nur solche, die den Werthen 1, 3, 5, 7, 9 entsprechen oder in ungeraden Zahlen fortgehen. Diese höheren Töne werden dadurch bedingt, daß die Schwingungsknoten an bestimmten Stellen der erzitternden Luftsäule verändernd eingreifen [1]).

3056 Zungenwerke. — Eine einfache Zunge besteht aus einem hinreichend festen oder gespannten und elastischen Blatte, *ll* Fig. 156., das einseitig angeschraubt ist und gegen eine entsprechend große Oeffnung *abcd* spielen kann. Jeder mit hinreichender Kraft versehene Wind versetzt sie in Schwingungen. Die Strömung des Gases wird hierdurch zugleich abwechselnd beschränkt und freigelassen. Die Mundharmonika kann uns diese einfachste Form anschaulich machen.

Fig. 156.



3057 Enthält eine Röhre eine Zunge an einer bestimmten Stelle ihres Verlaufes, so kann noch die in ihr eingeschlossene Luftsäule die Schwingungsverhältnisse ändern. Man bezeichnet diese verwickeltere Verrichtung mit dem Namen eines Zungenwerkes. Fig. 157. giebt uns z. B. das Modell einer Zungenpfeife. Die Zungenvorrichtung *a* befindet sich in dem Stopfen *b*. Der Wind tritt durch das unter ihm liegende Rohr ein, setzt die Zunge in Bewegung und dringt endlich zu *t* heraus.

Fig. 157.

3058 Wir haben §. 3030. gesehen, daß ein Metallstab ohne Weiteres Schallwellen erregen kann, eine Haut oder eine Saite dagegen eines gewissen Grades von Spannung bedarf, um Tonschwingungen zu erzeugen. Dieser Unterschied kehrt für die Zungenblätter ebenfalls wieder. Man kann sich daher auch tönende Zungen verfertigen, wenn man ein oder zwei Stücke von Kautschuk oder von Schlagaderhaut nach Henle

[1]) Siehe das Nähere bei Biot, a. a. O. S. 91 — 108. und Pouillet-Müller, a. a. O. S. 48 — 50.

und Müller, wie es Fig. 158. zeigt, über der Mündung eines Rohres so aufspannt, daß zwischen ihnen nur eine feine Spalte übrig bleibt.

Fig. 158.

3059 Die starren einfachen Zungen schwingen im Wesentlichen nach Weber wie feste Stäbe. Bleibt sich ihre Masse und ihre Dicke gleich, so verhalten sich die Schwingungszahlen, wie in den stabförmigen Körpern d. h. umgekehrt, wie die Quadrate der Längen. Die Stärke des Luftstromes hat hier keinen wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Töne. Die Größe der Spalte bleibt ebenfalls gleichgültig.

3060 Befindet sich die Zunge vor einem Ansatzrohre, so wirkt sie auf die in diesem enthaltenen Luftsäule und umgekehrt. Das Nebenstück vertieft dann den Ton. Diese Erniedrigung der Laute hört aber bei einer gewissen Länge mit der nächsten Octave auf. Verlängert man das Rohr noch mehr, so kehrt der Schall auf seinen früheren Grundton zurück. Dasselbe Mittel kann ihn aber dann von Neuem erniedrigen.

3061 Ein ausgespannter dünner Kautschukstreifen schwingt nach Müller[1]) nach Art einer Saite. Breitere Blätter, deren Oberfläche starre Platten größtentheils decken, führen zu ähnlichen Erscheinungen. Die Versuche, die jener Forscher an elastischen vollständigeren Blättern anstellte, bezogen sich auf einlippige und zweilippige Zungen. Eine feste Platte stand in dem ersteren Falle, wie es Fig. 159. zeigt, einer elastischen gespannten Haut gegenüber, während zwei meist gleich gespannte Blätter, wie es Fig. 160. angiebt, die enge Spalte in dem zweiten Falle begrenzten. Gebrauchte Müller ein Corpus oder eine Ansatzröhre, so wurde sie an das Mundstück so angeschoben, daß sich die Zunge in ihrem Anfangstheile befand.

Fig. 159.

Fig. 160.

3062 Das stärkere Anblasen erhöhte den Ton in der Fig. 159. gezeichneten Vorrichtung. Er erhob sich nur um zwei halbe Töne bei einem Kautschukblatte, stieg dagegen um eine Quinte bei einer nassen Arterienhaut[2]). Liskowius[3]) erhielt eine Quarte an der gemeinschaftlichen Halsschlagader des Menschen.

3063 Sind die beiden Hautstücke der Fig. 160. dargestellten Zunge gleich hoch gestimmt, so vernimmt man bei dem Blasen einen etwas tieferen Ton, als wenn man eine für sich anspricht. Weichen sie in ihrer Stimmung ab, so bemerkt man in der Regel nur einen Ton. Er geht von dem Stücke, das am Leichtesten zu schwingen vermag, aus. Beide Zungen können jedoch einen Ton erzeugen, oder zwei verschiedene bemerkbare Tönungen vernehmen lassen

---

[1]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Coblenz, 1837. 8. Seite 154.
[2]) Joh. Müller, a. a. O. S. 153.
[3]) K. F. S. Liskowius, Physiologie der menschlichen Stimme Für Aerzte und Nichtärzte. Leipzig, 1846. 8. S. 50.

3064 Fügt man eine Ansatzröhre hinzu, so kommt es im Wesentlichen zu ähnlichen Erscheinungen, wie in den steifen Zungen. Die Vertiefung und der Rücksprung machen sich auch hier mit der Verlängerung des Corpus bemerklich. Es fehlt aber jene scharfe Regelmäßigkeit und Beständigkeit, welche die festen Blätter darbieten, weil die häutigen Zungen eine weniger gleich bleibende Stimmung besitzen. Läßt man die Ansatzröhre hinweg und verlängert dafür die Windlade, die das Zungenwerk anspricht, so vertieft sich der Ton ebenfalls bis zu einer gewissen Grenze, die jedoch auch hier die Octave nicht erreicht. Er springt später wieder zu dem Grundtone hinauf[1]).

3065 Die Schwingungen der Zungenblätter und die sich wiederholenden Stöße der Luft betheiligen sich in dieser Art von Tonbildung gleichzeitig. Es ist jedoch noch nicht vollkommen entschieden, welches von diesen beiden Gliedern die Hauptrolle übernimmt. Die bis jetzt bekannten Thatsachen machen es am Wahrscheinlichsten, daß die Luftstöße und nicht die Wellen der zitternden Zungenblätter den entscheidenderen Einfluß ausüben[2]).

2. Stimmbildung.

3066 Allgemeine Einrichtung der Stimm-Werkzeuge. — Da die Stimme mit dem Ausathmen zusammenzufallen pflegt, so führt schon die Betrachtung des Baues der Gebilde zu einer Reihe natürlicher Vergleiche mit unseren künstlichen tönenden Vorrichtungen. Die Lungen, die einen Theil ihrer Luft austreiben, werden der Windlade, die Luftröhre dem Windrohre, die unteren Stimmbänder, welche nur die feine Stimmritze offen lassen, einer zweilippigen häutigen Zunge, die über ihnen liegenden Gebilde des Kehlkopfes, des Mund- und des Nasenrohres endlich einer Ansatzröhre entsprechen. Die Stimmwerkzeuge gleichen daher einem Blaseinstrument, das mit Zungen und einem Corpus versehen ist.

3067 Die Lungen dienen ursprünglich dem Athmen, die Nase dem Riechen und die Gebilde der Mundhöhle den verschiedenen Erscheinungen, welche die Nahrungseinnahme begleiten. Wollte die Natur die Luft durch keine besondere Oeffnung in die Athmungswerkzeuge einströmen lassen, sollte hierzu die Mundrachenhöhle benutzt werden, so war ein Verbindungsgang, wie ihn die Luftröhre darstellt, unerläßlich. Der Kehlkopf allein hat nur für die Stimmbildung Bedeutung. Er tritt auch da hervor, wo die Lauterzeugung an die Lungenathmung gebunden ist. Der Grad seiner Ausbildung bestimmt das Maaß der Töne, die ein Geschöpf hervorzubringen vermag, in wesentlicher Weise. Die Natur hat diesen Stimmkasten, der die Zungen enthält und der selbst als Resonanzwerkzeug thätig sein kann, an dem Orte eingeschaltet, an welchem die nothwendigen Nebenbedingungen seiner Wirksamkeit von Theilen, die noch anderen Zwecken dienen, geliefert werden können.

---

[1]) Joh. Müller, a. a. O. Seite 156 — 171. Repertorium der Physik. Bd. VI. Seite 70 — 75.

[2]) Vergl. hierüber A. Seebeck, in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. S. 76. 77.

Die Beweglichkeit, die den einzelnen Stücken der Stimmwerkzeuge ge- 3068
stattet ist, verleiht ihnen einen Grad von Vollkommenheit und Vielseitigkeit, wie keine unserer künstlichen Vorrichtungen je erreichen wird. Die Brust kann die Stärke des Windes beliebig ändern. Der Grad ihrer Erweiterung, die Ortsveränderungen des Kehlkopfes und z. Thl. der Luftröhre sind im Stande, die Länge der Windlade wechseln zu lassen. Die Ansatzstücke der Mundrachenhöhle können sich in der verschiedensten Weise einstellen und so die mannigfachsten Sprachlaute herbeiführen. Ist aber schon hierdurch ein vielseitiges Spiel möglich gemacht worden, so gewinnt doch erst das Stimmwerkzeug seine wahre Höhe der Vollendung durch die Beweglichkeit, welche den einzelnen Theilen des die Zungen einschließenden Stimmkastens gewährt worden ist.

Kehlkopf. — Da die Masse eines mitschwingenden Körpers den 3069
Klang der Tönung bestimmt, so wechselt auch diese Eigenschaft der Stimme mit dem Stoffe, aus dem die Gebilde des Kehlkopfes in den mannigfachen Thieren und in den verschiedenen Lebensaltern bestehen. Die Hauptstücke, welche dem Ganzen einen festen Halt verleihen, der Ringknorpel (Cartilago cricoidea) (*a* Fig. 161. u. 162.) u. d. Schildknorpel (Cartilago thyreoidea) (*bb* Fig. 161.) bestehen vorzugsweise aus ächtem Knorpel in dem gesunden Menschen. Die Stimme ändert sich daher auch mit der Verknöcherung jener Gebilde. Die Gießbecken- oder Schnepfenknorpel (Cartilagines arytaenoideae (*cc* Fig. 162.) besitzen noch einen ähnlichen Bau. Die rundlichen oder Santorinischen und die keilförmigen oder Wrisberg'schen Knorpel dagegen gehen entschiedener in Fasergewebe über. Die zahlreichen Bandmassen, die an dem Kehlkopfe vorkommen, zeichnen sich dadurch aus, daß sich häufig elastisches Gewebe mit ihren übrigen Fasern vermengt. Sie können hierdurch bei passenden Gelegenheiten nachgeben und in der Folge zu ihrem früheren Zustande zurückkehren. Die Eigenthümlichkeit des Stoffes übt aber auch wahrscheinlich einen wesentlichen Einfluß auf die Schwingungen selbst aus.

Fig. 161.

Fig. 162.

Die Stimmbänder (Ligamenta vocalia s. thyreo-arytaenoidea in- 3070
feriora (*ee* Fig. 162.), welche die Stimmritze (Glottis) (*f* Fig. 162.) begrenzen, bilden die Hauptzungen des Kehlkopfes. Die Taschenbänder (Ligamenta thyreo-arytaenoidea) (*gg* Fig. 162.) dagegen haben, wie wir

sehen werden, eine untergeordnete Bedeutung. Dasselbe gilt von den Kehlkopfstaschen (Ventriculi morgagnii), deren Eingang in Fig. 162. zwischen *ee* u. *ff* angegeben worden ist.

3071 Dreht man das kleine Horn des Schildknorpels auf dem Ringknorpel, so daß der obere Ausschnitt des Ersteren nach unten und vorn gerichtet wird, macht der Ringknorpel die entsprechende Bewegung, während der Schildknorpel ruht oder gehen die Gießbeckenknorpel nach hinten und außen, so spannen sich die Stimmbänder in stärkerem Maaße. Ihr Gewebe gestattet dann auch eine gewisse Verlängerung. Wendet man den Schildknorpel nach hinten und unten oder neigen sich die Gießbeckenknorpel nach vorn, so erschlaffen jene Zungen.

3072 Verlängern sich die Stimmbänder, so wird die Stimmritze länger und meist auch schmäler. Ihre Breite nimmt dagegen zu, so wie sich die Gießbeckenknorpel nach hinten und außen drehen.

3073 Sind alle Theile in der Leiche erschlafft, so hat die Stimmritze eine mehr oder minder lanzettähnliche Gestalt. Nähern sich die Schnepfenknorpel wechselseitig, so rücken die Stimmbänder hinten so sehr zusammen, daß hier die Spalte gänzlich verschwinden kann. Da nun die künstliche und die natürliche Tonbildung diesen theilweisen Abschluß in vielen Fällen voraussetzt, so unterscheidet man häufig zwei Gebiete der Stimmritze. Die hintere Abtheilung wird nicht ganz passend mit dem Namen der Athmungs- und die vordere mit dem der Stimmspalte (Glottis respiratoria u. g. vocalis) bezeichnet.

3074 Kehlkopfmuskeln. — Wir haben schon §. 2843. fgg. die Muskeln, welche den Kehlkopf im Ganzen heben oder senken, kennen gelernt. Es bleibt uns daher nur noch übrig, die kleineren Muskelgebilde, welche die einzelnen Stücke des Stimmbehälters zweckmäßig einstellen, durchzugehen.

3075 Wirken die beiden Ring-Schildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) (*b* Fig. 163. und *a* Fig. 164.) gemeinschaftlich und gleichförmig, so nähern sie den oberen Rand des Vordertheiles des Ringknorpels dem unteren des Schildknorpels. Die Taschenbänder dehnen sich hierbei. Die Morgagnischen Ventrikel werden vorn niedriger und hinten etwas flacher. Die wichtigste Wirkung besteht aber darin, daß dann die Stimmbänder der Länge nach gespannt werden. Wenden überdieß die hinteren Ring-Gießkannenmuskeln (Cricoarytaenoidei postici) (*b* Fig. 164.) die Gießbeckenknorpel nach hinten und außen, so muß sich noch die Spannung der Stimmbänder vergrößern. Denn beide Muskelgruppen ziehen dann ihre Endpunkte mit entgegengesetzten Kräften.

Fig. 163.

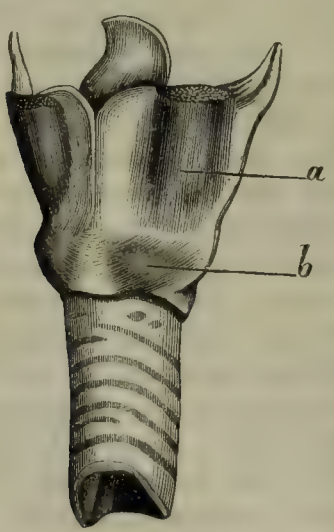
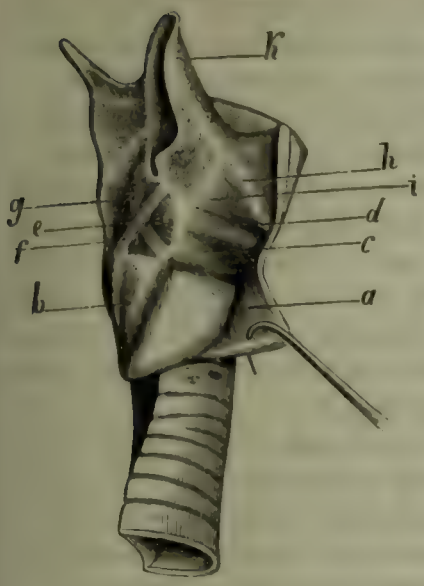


Fig. 164.



Die Schildgießkannenmuskeln 3076
(Thyreoarytaenoidei) (*d* Fig. 164.) und die häufig mit ihnen verschmolzenen seitlichen Ring-Gießkannenmuskeln. (Crico-arytaenoidei laterales) (*c* Fig. 164.) führen die Gießbeckenknorpel nach vorn und erschlaffen daher die Stimmbänder, wenn sie im Ganzen wirken. Der Schildgießkannenmuskel (Thyreoarytaenoideus) ist vielleicht auch noch im Stande, auf die benachbarte Morgagnische Tasche zu drücken, ihren Umfang zu verkleinern und ihren Schleim herauszupressen. Der Theil, welcher in der Stimmbandfalte liegt, vermag möglicher Weise den Innenrand derselben gerade zu machen und so die Stimmritze in geringem Grade zu verengern.

Der quere Gießkannenmuskel (Arytaenoideus transversus) (*e* 3077
Fig. 164.) und die weniger selbstständigen schiefen Gießkannenmuskeln (Arytaenoidei obliqui) (*fg* Fig. 164.) nähern einander die beiden Gießbeckenknorpel. Sie schließen daher vorzüglich die hintere Hälfte der Stimmritze, die man als Athmungsglottis besonders unterscheidet (§. 3073.). Die inneren Bündel der Ring-Schildknorpelmuskeln (Crico-thyreoidei) (*b* Fig. 163., *a* Fig. 164.) können wahrscheinlich dieselbe Veränderung in der gleichzeitig gespannten Stimmglottis einleiten. Arbeiten die Schild-Gießbeckenmuskeln (Thyreoarytaenoidei) (*d* Fig. 164.), die schiefen und der quere Gießkannenmuskel (Arytaenoidei obliqui und transversus) (*efg* Fig. 164.) gemeinschaftlich, so erschlaffen die Stimmbänder, während die Stimmritze kürzer und enger wird. Manche Forscher betrachten daher auch jene Gruppe von Verkürzungsgebilden als einen Schließmuskel der Stimmritze (Sphincter glottidis).

Die Verlängerung der Stimmritze ist den Ring-Schildknorpel- 3078
muskeln (Cricothyreoidei) (*b* Fig. 163., *a* Fig. 164.) und den hinteren Ring-Gießkannenmuskeln (Cricoarytaenoidei postici) (*b* Fig. 164.), die Verkürzung dagegen den Schild-Gießkannenmuskeln (Thyreoarytaenoidei) (*d* Fig. 164.) und den seitlichen Ring-Gießkannenmuskeln (Cricoarytaenoidei laterales) (*c* Fig. 164.) übertragen.

Der Umbeuger des Kehldeckels (*k* Fig. 164.), der vorzüglich aus dem Schildkehldeckelmuskel (Thyreoepiglotticus) (*h* Fig. 164.) und dem Gießbeckendeckelmuskel (Arytaenoepiglotticus) (*i* Fig. 164.) besteht, zieht den Kehldeckel herab. Er wirkt aber nicht unmittelbar auf die Stimmbänder und die Stimmritze.

Das Sprechen oder Singen nimmt die Muskeln und die übrigen Ge- 3079
bilde des Kehlkopfes in höherem Maaße, als das ruhige Athmen in An-

ſpruch. Man kann daher auch vorausſetzen, daß ein regerer Stoffwechſel, wenn die Stimmwerkzeuge Töne hervorbringen, durchgreifen werde. Dieſes bewog Erdl [1]) und manche frühere Forſcher, die Verhältniſſe des Kehlkopfes mit denen der Schilddrüſe in Beziehung zu bringen. Athmet der Menſch wie gewöhnlich, ſo nimmt dieſe Blutdrüſe ſo viel Blut, als ihrem gewöhnlichen Umfange entſpricht, auf. Spricht oder ſingt er dagegen, ſo können der Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) (*a b* Fig. 141.), der Schulter-Zungenbeinmuskel (Omohyoideus) (*α* Fig. 131.), der Bruſtzungenbeinmuskel (Sternohyoideus) (*β* Fig. 131.) und vorzüglich der Bruſtſchildknorpelmuskel (Sternothyreoideus) (*γ* Fig. 131.) die Schilddrüſe zuſammendrücken. Eine gewiſſe Menge Blutes, das ihr ſonſt zugedacht iſt, wird auf dieſe Weiſe abgeleitet. Der Kreislauf kann ſo mit größerer Geſchwindigkeit die benachbarten Kehlkopfgebilde durchſetzen.

Da die Ausrottung der Schilddrüſe das Sprechen des Menſchen nicht erſchwert und die Stimme der Thiere nicht verändert (Bd. I. §. 1643.), ſo dürfte dieſe Anſicht kaum angenommen werden können. Die Säugethiere haben zwar im Allgemeinen eine kleinere Schilddrüſe, als der Menſch. Dieſer Theil fehlt aber auch nicht denjenigen Geſchöpfen, welche faſt nie anhaltende Laute von ſich geben. Man vermag nur zuzugeben, daß die oben erwähnten Muskeln und vorzüglich der Bruſtſchildkorpelmuskel (Sternothyreoideus), ſo wie vielleicht zum Theil der bisweilen vorhandene Heber der Schilddrüſe (Levator glandulae thyreoideae) auf das Organ zu drücken im Stande ſind [2]). Es iſt jedoch noch nicht bekannt, welcher Zweck ſich hiermit verknüpft. Man kann kaum mit Bell [3]) annehmen, daß hierdurch die Stimme gedämpft werde.

3080 Verhalten des lebenden Kehlkopfes während der Stimmbildung. — Legt man eine weite Luftröhrenfiſtel in einem Kaninchen oder Hunde an, ſo verliert das Thier ſeine Stimme, ſo wie die Oeffnung Umfang genug hat, um den größten Theil der Ausathmungsgaſe in hinreichend kurzer Zeit durchtreten zu laſſen. Daſſelbe kehrt in dem Menſchen wieder. Soll eine Perſon, die an einer bedeutenden Luftröhrenfiſtel leidet, ſprechen, ſo muß zuerſt ein paſſender Verband die Nebenöffnung verſtopfen. Iſt dieſe dagegen ſo klein, daß deſſenungeachtet der Hauptſtrom der Luft durch den Kehlkopf geht, ſo kann dieſe Vorſichtsmaaßregel ohne Nachtheil ausbleiben.

3081 Entfernt man alle über den Stimmbändern liegenden Theile des ausgeſchnittenen Kehlkopfes und ſchont hierbei ſelbſt nicht die Morgagniſchen Taſchen, ſo erhält man noch reine Töne, wenn man das Ganze von der Luftröhre aus anſpricht. Die Stimmbänder müſſen nur in entſprechendem Maaße geſpannt und die Stimmritze in eine feine Spalte verwandelt ſein. Man kann in dieſen Verſuchen die Luftröhre vollkommen entfernen. Setzt man das Windrohr in den unterſten Theil des Kehlkopfes, ſo bleibt noch

---

[1]) Erdl, in den Münchener gelehrten Anzeigen. München, 1847. 4. Nro. 34.

[2]) Vergl. ſchon Alb. Haller, De partium c. h. fabrica et functionibus. Tom. VII. Bernae et Lausannae, 1778. 8. p. 244 u. 271.

[3]) Ch. Bell, in den Philosophical Transactions for the Year 1832. London, 4. p. 302.

die Tönung möglich [1]). Es ergiebt sich schon hieraus, daß die häutigen Zungen, die wir als Stimmbänder bezeichnen, eine wesentliche Rolle übernehmen. Die Taschenbänder und die übrigen Gebilde des Kehlkopfes erhalten dagegen nur eine untergeordnete Bedeutung. Die Taschenbänder fallen daher auch in einzelnen Säugethieren, wie in dem Rinde, dem Schaafe oder dem Hirsche, hinweg, während nur die ächten Cetaceen gar keine Kehlkopfzungen besitzen.

Diese Erscheinungen erklären es, weshalb eine Halswunde, die oberhalb der Stimmbänder fällt, oder unvollständige Verwachsungen, die unter ihnen liegen, die Stimmbildung selbst nicht unmöglich machen.

Soll ein Ton erzeugt werden, so darf die Breite der Stimmritze eine 3082
gewisse eng gezogene Grenze nicht überschreiten. Stehen die unteren Stimmbänder zu weit von einander ab, so ruft ein starker von unten her wirkender Wind rauhe Reibungsgeräusche und keine vollkommene Tönungen hervor. Dieser Satz läßt sich schon an dem todten Kehlkopfe klar machen. Spricht man die weite Stimmritze, wie sie sich ohne Vorbereitung in Leichen darzubieten pflegt, an, so erreicht man keine Tonbildung. Bringt man dagegen künstlicher Weise die Gießkannenknorpel zusammen, so daß die Athmungsglottis verschlossen und die Stimmglottis zu einer feinen Spalte zurückgeführt wird, so erhält man reine Töne. Sie stimmen sogar mit denen, welche das lebende Geschöpf der gleichen Art giebt, mehr oder minder überein. Man erreicht bisweilen den gleichen Erfolg, wenn die Stimmritze eine feine Spalte ihrer ganzen Länge nach bildet und daher die Athmungsglottis nicht vollkommen geschlossen ist. Die Versuche gelingen jedoch dann nach Müller [2]) seltener. Es versteht sich von selbst, daß die Stimmbänder in allen diesen Fällen in einem gewissen Grade angespannt sein müssen.

Verunglückte Selbstmordversuche oder ausgedehnte Zerstörungen haben 3083
nachgewiesen, daß diese Erscheinungen in dem lebenden Menschen wiederkehren. Versuchten solche Kranke zu sprechen, so bemerkten z. B. Mayo und Rudolphi, wie sich die Stimmritze in eine linienförmige Spalte verwandelte. War das eine Stimmband zugleich verletzt, so nahm auch die Oeffnung eine unregelmäßigere Form nach Mayo an. Kann man die Gegend der Gießbeckenknorpel erblicken, so sieht man, wie sich diese mit ihren Innenrändern bei Sprechversuchen einander zuwenden, damit die Athmungsglottis geschlossen werde.

Man hat bis jetzt noch nicht die Breite, welche die Stimmritze wäh- 3084
rend der Tonbildung besitzt, in lebenden Menschen oder Thieren gemessen. Die Angabe von Kempelen [3]), daß sie nicht 2,2 bis 2,7 oder ungefähr 2½ Millimeter überschreiten dürfe, wenn noch eine Tönung möglich bleiben soll, ging wahrscheinlich nur aus theoretischen Voraussetzungen hervor.

---

[1]) Joh. Müller, a. a. O. S. 180.
[2]) Joh. Müller, a. a. O. S. 184.
[3]) Wolfgang von Kempelen, Mechanismus der menschlichen Sprache nebst Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Wien, 1791. 8. S. 81. 82.

Wir werden übrigens später sehen, daß der Querdurchmesser der Spalte mit der Verschiedenheit der Töne zu wechseln vermag.

3085 Die schiefen und der quere Gießkannenmuskel (Arytaenoidei obliqui und transversus) (*efg* Fig. 164.) können die Athmungsglottis schließen, ohne daß deswegen die Stimmbänder nothwendiger Weise gespannt werden. Der Zug der Zungen und die Schmalheit der Durchgangsöffnung stehen dagegen schon in innigerem Zusammenhange in der Stimmglottis. Die Ring-Schildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) (*b* Fig. 163. und *a* Fig. 164.) wirken auf beiderlei Verhältnisse, sie mögen allein oder in Verbindung mit den hinteren Ring-Gießbeckenmuskeln (Crico-arytaenoidei postici) (*b* Fig. 164.) thätig sein. Eine und dieselbe Veränderung vermag so die doppelte Grundbedingung, welche die Tönung fodert, gleichzeitig einzuleiten.

Legt man die Stimmbänder in einem Hunde oder Kaninchen bloß, und zwingt das Thier zum Schreien, so sieht man bisweilen die Schwingungen, in welche jene häutigen Zungen verfallen. Man kann auch manches Mal bemerken, wie sich der Vordertheil des Ringknorpels dem Schildknorpel nähert. Die Ring-Schildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) (*b* Fig. 163. u. *a* Fig. 164.), von denen diese Ortsveränderung abhängt, suchen die Stimmbänder stärker anzuspannen.

3086 Töne der Stimmbänder des todten Kehlkopfes. — Spricht man die straff angezogenen Stimmbänder eines Säugethieres an, so erhält man ungefähr die Laute, welche dem Geschöpfe im Leben eigen sind. Man kann so bis auf einen gewissen Grad das Bellen des Hundes oder das Grunzen des Schweines nachahmen. Die Tönung, welche der menschliche Kehlkopf giebt, erinnert zwar an die Menschenstimme. Der Klang unterscheidet sie jedoch noch wesentlich von dem Wohllaute, der die Stimme des Lebenden auszeichnet.

Ferrein und Montagnat stellten schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts viele Versuche über die Zungentöne, welche die todten Stimmbänder liefern, an. Die meisten Beobachtungen, welche die neuere Zeit auf diesem Gebiete geliefert hat, rühren von Liskowius und Lehfeldt und vorzüglich von Joh. Müller her. Man muß hier drei Bestimmungsglieder, die Spannung der Stimmbänder, die Größe der Stimmritze und die Stärke des Windes berücksichtigen.

Will man nur die Spannung der Stimmbänder ins Auge fassen, so schneidet man nach Müller[1]) den Kehlkopf heraus, entfernt alle Theile, die oberhalb der Stimmbänder liegen, sticht einen Pfriemen oder eine Nadel durch die Gießbeckenknorpel und richtet es so ein, daß sich die Stimmfortsätze von diesen berühren, wenn man einen Faden herumschlingt. Die Stimmbänder können dann später gleichförmig gespannt werden.

Man befestigt hierauf den Ringknorpel und den Pfriemen an einem Brette, macht einen Theil der Verbindung des Schild- und Ringknorpels frei, führt eine Schnur durch das Winkelstück des ersteren unter den Stimmbändern durch, leitet diese über eine Rolle und hängt an deren Ende eine Waagschale, wie es zum Theil bei *h* Fig. 165. angegeben ist. Beschwert man sie mit Gewichten, so wird der Schildknorpel nach vorn gezogen. Man spannt auf diese Weise die Stimmbänder an und ahmt in gewissem

[1]) Joh. Müller, a. a. O. Seite 185. 186.

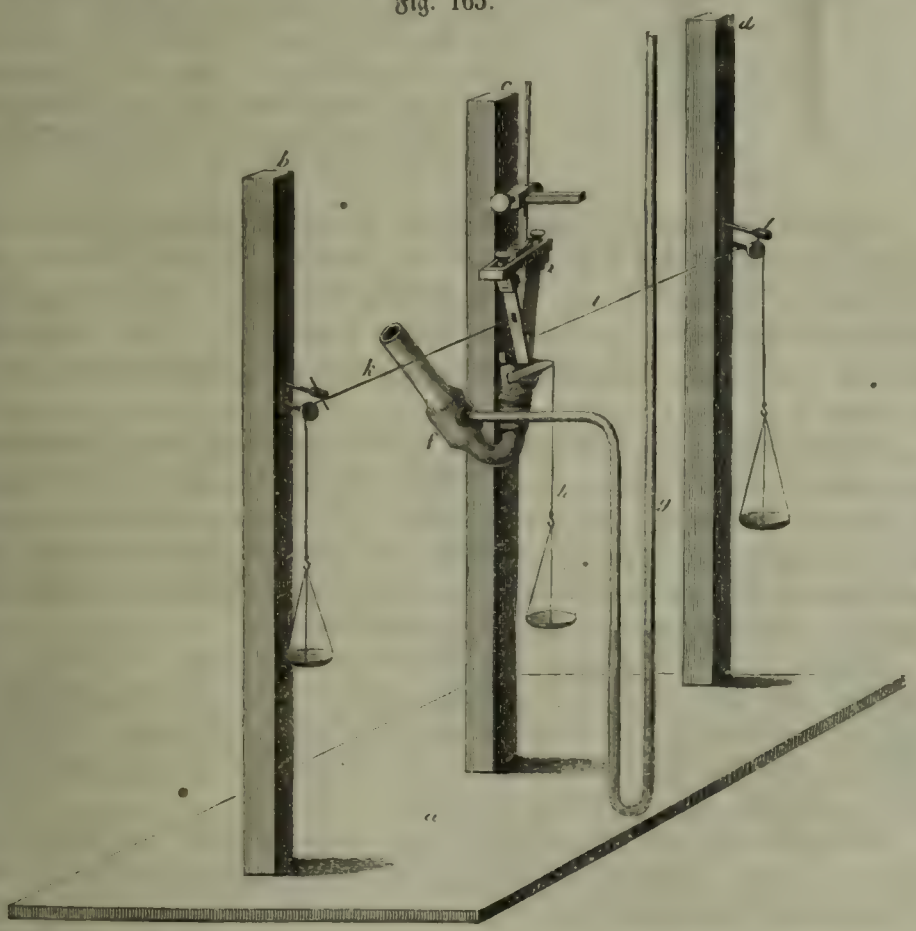
Maaße die Wirkung der Ring-Schildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) (*b* Fig. 163., *a* Fig. 164.) nach. Die Oeffnung der Luftröhre erhält ein Anspruchsrohr, in das man den Wind mittelst des Athems, durch einen angefügten Blasebalg oder ein Orgelgebläse eintreibt.

Ließe sich voraussetzen, daß die Wirkung gleichförmig ist, so würde das Gewicht, das auf der Wagschaale liegt, ein ungefähres Maaß der Spannung der Stimmbänder geben. Das Verfahren, den Wind mit dem Athem zu erzeugen, hat den Vortheil, daß die Stimmbänder weniger rasch vertrocknen, weil die Ausathmungsluft für ihren Wärmegrad mit Wasserdämpfen gesättigt ist (Bd. I. §. 1317.) und Wassertropfen bei der Abkühlung niederschlägt (Bd. I. §. 182.). Da es aber beinahe zu den Unmöglichkeiten gehört, die Stärke des Windes auf der gleichen Höhe zu erhalten, und da hiervon, wie wir bald sehen werden, die Höhe der Töne in gewissem Grade abhängt, so ist es vortheilhafter, ein Gebläse zu gebrauchen, die Stimmbänder von Zeit zu Zeit zu befeuchten und nur die ersten Versuche als die sichersten auszuwählen.

Die Vorrichtung, deren sich Liskowius bediente, stimmt im Wesentlichen mit den eben erläuterten Grundsätzen überein. Siehe das Nähere in dessen Schrift: Physiologie der menschlichen Stimme für Aerzte und Nichtärzte. Leipzig, 1846. 8. S 15 — 18.

Joh. Müller[1]) bediente sich noch eines zweiten verwickelteren Apparates, um die Weite der Stimmritze beliebig zu ändern und die Stärke des Windes kennen zu lernen. Ein Brett *a* Fig. 165. trägt drei Pfeiler, *b*, *c* und *d*. Der Kehlkopf *e* ist auf die frü-

Fig. 165.

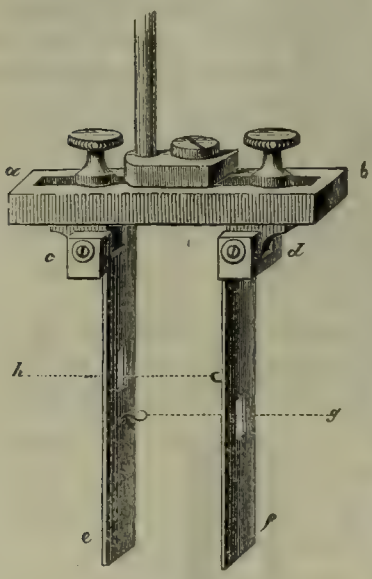


[1]) Joh. Müller, Ueber die Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgane. Mit Bemerkungen über die Stimme der Säugethiere, Vögel und Amphibien. Berlin, 1839. 8. S. 9 fgg.

her geschilderte Weise an dem mittleren *c* befestigt. Das noch daran befindliche Stück der Luftröhre besitzt ein Windrohr *f*, in dessen Seitenwand ein nach Art des Blutkraftmessers (Bd. I. §. 990.) gebogenes Manometer *g* eingefügt ist. Dieses belehrt über die Stärke des Windes. Man füllt es mit Wasser, damit man größere Ausschläge erhalte.

Die an dem Faden *h* hängende Wagschaale kann mit ihren Gewichten die Spannung der Stimmbänder auf die früher erwähnte Weise ändern.

Fig. 166.



Die Vorrichtung, welche zum Wechsel der Weite der Stimmritze dient, führt zu keinen ganz beständigen und sicheren Ergebnissen. Sie besteht in einem Compressorium, das Fig. 166. gesondert darstellt. Ein Rahmen *a b* trägt die beiden Drucksäbe *e* und *f*, die in ihm in zwei Charnieren *c* und *d* haften. *e* und *f* besitzen kleine Ausschnitte und haben an ihren Innenflächen Haken, an denen durch jene Löcher geführte Fäden, *g* und *h*, befestigt sind.

Fig. 165. zeigt uns, in welcher Art das Ganze an den Pfahl *c* angebracht wird. Es kann mittelst des Stabes und der ihn klemmenden Schraube höher oder tiefer gestellt werden. Die Enden *e* und *f* Fig. 166. kommen an die Nachbarschaft der seitlichen Anfügung der Stimmbänder. Der mit seiner Wagschaale belastete Faden *k* Fig. 165. entspricht *h* Fig. 166. und *l* Fig. 165., *g* Fig. 166. Man ist so in den Stand gesetzt, die Stimmritze durch Gewichte, die man auf die beiderseitigen Wagschaalen legt, immer mehr zu verengern.

3087 Befindet sich noch der ganze Kehlkopf an der künstlichen Vorrichtung, so ändert sich weder die Tönung, noch die Tonhöhe, wenn man eines der Taschenbänder einschneidet oder selbst gänzlich entfernt [1]). Nimmt man alle über den Stimmbändern befindlichen Theile hinweg, so erhält man noch volle und reine Töne. Die Verstümmelung hat aber die Stärke der Laute verringert [2]).

3088 Vertrocknen die Stimmbänder, so werden ihre Töne immer schwächer und zuletzt nur hauchartig. Die künstliche Befeuchtung kann im Anfange die früheren Verhältnisse sogleich herstellen. Sie versagt aber später gänzlich. Es ergiebt sich hieraus von selbst, wie sehr die Wassersättigung der Ausathmungsluft, welche den Wind in dem lebenden Geschöpfe erzeugt, die Dauer der Stimme und des Gesanges unterstützt.

3089 Werden die Stimmbänder mit Gewichten angezogen (§. 3084.), so vergrößert sich nicht bloß die Spannung, sondern auch die Länge derselben. Man kann annehmen, daß die Verlängerung, welche die größte Höhe der Spannung mit sich führt, ungefähr $\frac{1}{4}$ der Länge, die im erschlafften Zustande vorhanden war, in beiden Geschlechtern beträgt.

3090 Verhielten sich die Stimmbänder wie einfache Saiten, so müßte ein 4 Mal so großes Zuggewicht 2 Mal so viel Schwingungen oder die Octave des Grundtones bedingen (§. 3048.). Da sich aber der nachgiebige Stoff

---

[1]) Liskowius, a. a. O. S. 19.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. S. 186. 187. Liskowius, a. a. O. S. 25.

der Kehlkopfzungen leichter dehnt, da wahrscheinlich deshalb die Länge mehr, als in den Darm- oder Metallsaiten zunimmt, so wird das vierfache Spannungsgewicht einen tieferen Ton, als die nächste Octave vermitteln. Eine Versuchsreihe von Joh. Müller [1]) bestättigt diesen Schluß. Lieferten z. B. die Stimmbänder des menschlichen Kehlkopfes $\overline{c}$ bei einem gewissen Spannungsgewichte, so hatten sie $\overline{a}$ statt $\overline{c}$ bei dem vierfachen und $\overline{\overline{gis}}$ statt $\overline{\overline{c}}$ bei dem sechszehnfachen desselben. Es zeigte sich nur ein Mal unter neun Beobachtungen, daß hier die Octaven g, $\overline{g}$ und $\overline{\overline{g}}$ zum Vorschein kamen. Die beiden letzteren Töne fielen aber auch dann noch unrein aus.

Vergleicht man die Beobachtungen, die Müller [2]) über die Octaven- 3091
reihen des menschlichen Kehlkopfes angestellt hat und die Anhang Nr. 128. Anhang Nr. 128.
verzeichnet sind, so stößt man häufig auf entgegengesetzte Verhältnisse. Verhielten sich z. B. die spannenden Gewichte wie 4 zu 15 oder 17, so ergab sich $\overline{fis}$, $\overline{\overline{g}}$ oder $\overline{\overline{gis}}$. Das theoretisch gefoderte $\overline{\overline{fis}}$ trat schon bei 13 ein. Mannigfache Ursachen können diese Abweichungen herbeiführen. Eine ungleiche Spannung der beiden Stimmbänder im Ganzen oder in ihren einzelnen Theilen und die Wechselverhältnisse des Windes wären schon im Stande, jene eigenthümlichen Ergebnisse zu erklären. Berühren sich aber die schwingenden Stimmbänder an einzelnen Stellen ihrer freien Ränder oder erzeugen sich Schwingungsknoten aus anderen Gründen, so werden höhere Haupt- oder Nebentöne zum Vorschein kommen (§. 3037.).

Betrachten wir die im Anhange Nr. 128. verzeichneten Versuchs- 3092
reihen, so sehen wir, daß die Töne, welche die todten Stimmbänder unter verschiedenen Spannungsgraden angeben, mehr als zwei Octaven betragen. Die eine Beobachtung lieferte ais bis $\overline{dis}$ und die zweite h bis $\overline{\overline{dis}}$. Die Spannungsgewichte wechselten hierbei von 7,3 bis 540,2 Grm. Eine noch stärkere Beschwerung beseitigte alle Tönung. Die fruchtbringende Spannung erreichte daher nur wenig mehr, als die Hälfte eines Kilogramms.

Versucht man die Stimmbänder über ihren ruhenden Zustand hinaus 3093
abzuspannen, indem man den Schildknorpel den Gießbeckenknorpeln nähert, so werden die Töne immer tiefer und tiefer. Man gelangt so zu den untersten Baßtönen, die in dem menschlichen Stimmorgane vorkommen. Müller [3]) erniedrigte z. B. auf diese Weise die Laute von $\overline{dis}$ bis H. Anhang Nr. 129.
Die Abspannungsgewichte glichen in dieser Versuchsreihe 4,4 bis 55,5 Grm. Es ergiebt sich aus dem früheren (§. 3076.) von selbst, daß die Schild-Gießkannenmuskeln (Thyreoarytaenoidei) (*d* Fig. 164.) und die seitlichen Ring-Gießbeckenmuskeln (Crico-arytaenoidei laterales) (*c* Fig. 164.) eine ähnliche Wirkung im Leben ausüben können.

Nimmt die Spannung der Stimmbänder innerhalb gewisser Grenzen 3094

[1]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 191.
[2]) Joh. Müller, Ebendaselbst. S. 193.
[3]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 194.

zu, so gewinnt nicht nur der Ton nach Liskowius [1]) an Höhe, sondern auch an Weichheit des Klanges. Er erhält dagegen etwas Schrillendes, so wie die Spannung und die Höhe eine gewisse Größe überschreiten.

3095 Sind die beiden Stimmbänder ungleich gespannt, so hört man doch nur in der Regel einen einzigen Ton [2]). Es kehrt also hier das gleiche Verhältniß, wie an anderen Zungen, die aus elastischen Häuten bestehen, wieder (§. 3063.). Die Aehnlichkeit wiederholt sich auch noch in sofern, als man die Töne erhöhen kann, wenn man feste Körper, wie die Finger, Platten von Holz oder Metall, auf die äußeren Theile der Stimmbänder legt und so nur die inneren, mehr fadenartigen Stücke schwingen läßt (§. 3061.).

3096 Joh. Müller [3]), der früher die Tönung der Zungen nicht sowohl von den Luftstößen, als von den Schwingungen der Blätter herleitete, legte demgemäß ein größeres Gewicht auf die Spannung der Stimmbänder, als auf den Umfang der Stimmritze. Bleibt sich die Spannung gleich, so ändert sich nach ihm [4]) die Höhe des Tones nicht, die Athmungsglottis mag offen oder geschlossen sein. Es ist auch in dieser Hinsicht gleichgültig, ob sich die Stimmritze weiter geöffnet hat oder nicht. Mag sie lang oder kurz sein, so lassen sich immer tiefe und hohe Töne unter den dazu geeigneten Spannungsverhältnissen hervorbringen [5]).

Liskowius, der die Mannigfaltigkeit der Töne der verschiedenen Weite der Stimmritze bei seinen ersten Untersuchungen zuschrieb [6]), machte in neuerer Zeit mehrere Mittheilungen, die in einigen Punkten von denen von Müller abweichen [7]). Beide Forscher stimmen jetzt darin überein, daß die Breite der Stimmritze, so lange sich nicht die Innenränder der Stimmbänder an einzelnen Punkten berühren, für die Tonhöhe gleichgültig ist, daß aber die Tönung ohne Anspannung der Stimmbänder um mehr, als eine Octave emporgetrieben werden kann, wenn man den Schildknorpel seitlich zusammendrückt und so den Raum verkleinert [8]) Liskowius giebt aber noch an, daß der Verschluß der Athmungsglottis den Laut um vier bis fünf halbe Töne erhöht. Schließt man das Vorderende der Stimmglottis oder deckt man den hinteren oder den vorderen Theil der Stimmritze überhaupt, so erhält man nach ihm den gleichen Erfolg.

3097 Können die Stimmbänder ihrer Erschlaffung wegen nachgeben, so wird sie ein kräftiger Wind aus einander treiben. Die Größe der Stimmritze vermag daher unter diesen Verhältnissen mit der Stärke des Anspruches

---

[1]) Liskowius, a. a. O. S. 24. 25.
[2]) Joh. Müller, Physiologie Bd. II. S. 187. Liskowius, a. a. O. S. 20. 21.
[3]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 174 — 179.
[4]) Joh Müller, Ebendaselbst. S. 187.
[5]) Joh. Müller, Ebendaselbst. S. 189.
[6]) K. F. S. Liskowius, Theorie der Stimme. Leipzig, 1814. 8. S. 35.
[7]) Liskowius. Physiologie der menschlichen Stimme. S. 22. 23. Vergl. auch schon Theorie der Stimme. S. 32. 33.
[8]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 196. 197. Liskowius, Physiologie der Stimme. S. 24.

zu wechseln. Straffe Stimmbänder dagegen werden im Ganzen den Umfang der Glottis, wie er ein Mal besteht, bei jedem Winde bewahren.

Sind die Stimmbänder des Kehlkopfes einer männlichen Leiche schwach 3098
angespannt, so können sie zwei Register von Tönen hervorbringen [1]). Das eine tiefere erinnert in hohem Grade an die Baßstimme, das andere höhere geht in die Fistel über. Eine stärkere Spannung begünstigt die zweite, eine geringere dagegen die erstere Tonweise. Jede von ihnen kommt dann leicht bei den verschiedensten Graden der Anspruchsweise zu Stande. Hat man nur die Gießbeckenknorpel befestigt und bleibt so der Schildknorpel sich selbst und der Spannkraft des Ring-Schildknorpelbandes überlassen, so erhält man auch bisweilen Fisteltöne bei geringerer künstlicher Dehnung der Stimmbänder.

Die ganze Masse der Stimmbänder schwingt dann nach Lehfeldt [2]) 3099
bei den tiefen Baßtönen in ausgedehnten, deutlich wahrnehmbaren Bahnen. Werden dagegen Fisteltöne hervorgebracht, so sieht man nach ihm nur die Innenränder derselben zittern. Liskowius [3]) dagegen bezieht den Unterschied der Schwingungsgrößen nicht auf die Höhe der Töne, sondern auf die Spannung der Stimmbänder. Sind diese erschlafft, so erzittern sie und der Kehlkopf in auffallender Weise. Die Unruhe dauert eben so lange, als die Tonbildung selbst. Sie kann dagegen bei straff gespannten Stimmbändern kaum wahrgenommen werden. Diese Eigenthümlichkeit kehrt in beiden Fällen bei tiefen, wie bei hohen Tönen wieder.

Bemerkt man nicht sogleich die Schwingungen der Stimmbänder, so kommen sie häufig zum Vorschein, wenn man diese mit einer Wasserschicht bedeckt. Die Wellen der Flüssigkeit verrathen die Bewegung eher, als die Schwingung der halbfesten Bandmassen.

Die Stärke des Windes kann die Spannung der Stimmbänder theil- 3100
weise ersetzen. Man spricht daher auch in diesem Sinne von einer Compensation der physischen Kräfte der Stimmwerkzeuge. Die Verhältnisse verwickeln sich aber hierbei in solchem Maaße, daß sich oft nicht die Ergebnisse nach bestimmten einfachen Regeln im Voraus bestimmen lassen.

Befinden sich die Stimmbänder in dem Zustande, den sie in dem todten 3101
Kehlkopfe von selbst annehmen, oder bewahren sie die gleiche künstliche Spannung während der ganzen Versuchsdauer, so erhöht sich in der Regel der Ton mit der Verstärkung des Windes oder der Zunahme des Druckes des anstoßenden Luftstromes. Er geht hier nicht nothwendig sprungweise empor, sondern kann allmählig alle möglichen Unterschiede darbieten [4]). Die erste, Nr. 130. des Anhanges gegebene Beobachtungsreihe von Müller lehrt z. B., daß die Tönung von $\overline{fis}$ bis $\overline{dis}$ stieg, wenn sich der Wasserdruck von 5,2 auf 31,2 Centimeter, mithin um das Sechsfache erhöhte und sich die Stimmbänder in ihren von selbst angenommenen Verhältnissen

Anhang Nr. 130. Vers. 1.

[1]) Joh Müller, a. a. O. S. 194. 195.
[2]) C. Lehfeldt, Nonnulla de vocis formatione. Berolini, 1835. 8. p. 51 — 53.
[3]) Liskowius, Physiologie der Stimme. S. 25.
[4]) Liskowius, Physiologie der Stimme. S. 23.

befanden. Waren sie mit 33 Grm. angespannt, so trieb eine Druckverstärkung von 7,8 bis 31,2 Centimeter den Laut von $\bar{f}$ auf cis empor. Anhang Nr. 130. Vers. 2. Man stößt hier bisweilen auf Fälle, in denen die Windstärke ziemlich gleichförmig mit der Erhöhung des Tones innerhalb einer gewissen Grenze zunimmt. Wird aber diese überschritten, so bedarf es einer verhältnißmäßig größeren Spannung, um den Laut um einen halben Ton zu erhöhen. Anhang Nr. 130. Vers 3. Die dritte, im Anhang Nr. 130. verzeichnete Versuchsreihe kann uns dieses Verhältniß anschaulich machen.

Vermehrt sich die Spannung der Stimmbänder, so hat dieselbe Tonhöhe eine geringere Windstärke nöthig und umgekehrt. Die Kehlkopfzungen z. B., die bei 14,6 Grm. Spannung und 7,8 Wasserdruck des Windes g angaben, hatten hierzu nur 5,2 Centimeter nöthig, wenn sie mit dem Anhang Nr. 130. Vers. 4. Doppelten des früheren Gewichtes belastet waren. Die vierte, in Nr. 130. des Anhanges verzeichnete Versuchsreihe liefert eine größere Zahl von Belegen ähnlicher Art. Es ist bis jetzt noch nicht geglückt, die gegenseitigen mathematischen Verhältnisse, in denen Spannung und Windstärke stehen, genügend zu entwickeln.

3102 Die Pressung der anstoßenden Luftsäule ändert endlich noch die Kraft des Tones. Er geht so von dem Piano durch das Crescendo in das Forte über. Soll aber hierbei keine Tonerhöhung zu Stande kommen, so müssen natürlich die Stimmbänder in entsprechendem Maaße abgespannt werden. Anhang Nr. 130. Vers. 5. Die fünfte, im Anhang Nr. 130. wiedergegebene Versuchsreihe von Müller zeigt auf diese Weise, wie eine bestimmte Tönung, z. B. h oder $\bar{d}$, bei verschiedenster Windstärke erhalten wird. Die Spannungsgewichte verkleinern sich hierbei in weit bedeutenderem Maaße, als sich der Druck des anregenden Luftstromes vergrößert. Sollte das h von dem Piano in das Forte übergehen, so sanken jene auf $^1/_9$ des früheren Werthes, während der Manometerdruck noch nicht ganz das Doppelte der ursprünglichen Größe erreichte.

3103 Kehlkopfzungen des männlichen und des weiblichen Geschlechtes. — Hat man auch alle Theile, die oberhalb der Stimmbänder liegen, hinweggeschnitten, so geben doch die Kehlköpfe von Frauen meist höhere Töne, als die von Männern an. Dieses rührt davon her, daß die Kehlkopfzungen weiblicher Leichen nicht nur kürzer, sondern auch schmaler und nicht selten zugleich straffer sind. Ihre Stimmritze zeichnet sich oft eben so sehr durch ihre geringere Länge, als durch ihren kleineren Querdurchmesser aus.

Die Größen, zu denen die einzelnen Schriftsteller in dieser Hinsicht gelangt sind, weichen von einander in bedeutendem Grade ab. Erst ausgedehnte Versuchsreihen dürften hier zu irgend sicheren Mittelzahlen führen. Wir erhalten nach den bis jetzt vorliegenden Angaben:

Durchschnittliche Länge der Stimmbänder in Millimetern				Verhältniß				Beobachter
Mann		Frau		der Stimmbänder der Frau zu denen des Mannes		der ruhenden und der gespannten Stimmbänder,		
im Zustande der Ruhe	möglichst angespannt	im Zustande der Ruhe	möglichst angespannt	im Zustande der Ruhe	möglichst angespannt	Mann	Frau	
18,25	23,17	12,67	15,67	1 : 1,44	1 : 1,48	1 : 1,27	1 : 1,24	Joh. Müller [1])
13,5 bis 15,8	»	9,0 bis 10,5	»	1 : 1,75 bis 1 : 1,29	»	»	»	Krause [2])
15,8	»	9,0	»	1 : 1,75	»	»	»	Huschke [3])

Die Stimmritze des Mannes soll nach Huschke 1,8 Mal so lang, als die der Frau sein.

Luftröhre und Lungen. — Es versteht sich aus früher Dargestelltem von selbst, daß diese Theile nach Art eines Gebläses, das den Wind zuführt, wirken. Es frägt sich aber, ob nicht ihnen noch andere Bestimmungen zukommen. 3104

Der Kehlkopf geht häufig bei hohen Tönen hinauf und bei tiefen hinab. Die Luftröhre wird sich hierbei verlängern und verkürzen, weil die Zwischenräume ihrer Knorpelringe von nachgiebigen Weichgebilden ausgefüllt werden und diese sogar in ihrem hintersten Viertheile ausschließlich vorkommen. Hebt sich der Kehlkopf, so wird gleichsam der unterste Theil der Luftröhre aus der Brust hervorgezogen. Sie sowohl, als die Bronchialverzweigungen besitzen überdieß einen merklichen Grad von Zusammenziehungskraft (§. 2435.), die möglicher Weise in geeigneten Fällen einzugreifen im Stande ist.

Da eine hinreichend weite Oeffnung, die unter den Stimmbändern angebracht worden, die Stimme aufhebt, so ergiebt sich von selbst, daß die bloße Bewegung der in der Luftröhre und den Bronchialverzweigungen enthaltenen Gase die Tonbildung nicht erzeugen kann. Theilen ihr die Stimmbänder ihre Schwingungen mit oder werden diese der engen Durchgangsöffnung der Stimmritze wegen angeregt, so können sie jedenfalls nur in der Art eines Nebenverhältnisses von größerer oder geringerer Bedeutung thätig sein. 3105

Die Verlängerung des Windrohres vertieft die Töne der Zungen- 3106

[1]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 200. Vergl. auch Bishop, in den Philosophical Transactions for the Year 1846. Part. IV. London, 1846. 4. p. 556.
[2]) C. F. Th. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. I. Zweite Auflage. Hannover, 1842. 8. S. 586.
[3]) S. Th. Sömmerring's Lehre von den Eingeweiden und den Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Umgearbeitet von E. Huschke. Leipzig, 1844. 8. S. 243.

werke, deren Blätter aus Metall [1]), aus Kautschuk oder aus Stücken von Schlagaderhäuten [2]) bestehen. Da sich aber die Luftröhre bei tiefen Tönen verkürzt und bei hohen verlängert, so kann dieser Satz nicht auf unsere Stimmwerkzeuge angewendet werden, es sei denn, daß die Verkleinerung der Querdurchmesser den ganzen Sachverhalt veränderte. Der Längenwechsel, dessen die Luftröhre fähig ist, steht überdieß in keinem Verhältnisse zu der Verschiedenheit der Töne, deren unser Kehlkopf fähig ist, und zu dem Längenunterschiede, welcher zu dem gleichen Zwecke in den Rohrwerken eingeleitet werden muß. Die Versuche endlich, die Müller [3]) an dem todten Kehlkopfe angestellt hat, führten auch in dieser Hinsicht zu ungünstigeren Ergebnissen, als die Erfahrung, die man an Zungenwerken mit häutigen Blättern zu machen pflegt.

3107 Hinge die Höhe der Töne von den selbstständigen Schwingungen der in der Luftröhre und den Bronchialverzweigungen enthaltenen Gassäule ab, so müßte sich der Ton erhöhen, so wie eine leichtere Luftart in die Athmungswege gebracht wird. Füllt man eine Labialpfeife, die ungefähr dieselbe Größe wie die Luftröhre hat, mit Wasserstoff, so steigt der Ton um eine Quinte. Athmete dagegen Liskowius [4]) dieses Gas ein, so wurde zwar die Stimme schwach und dumpf. Alle Arten von Tonhöhen konnten aber wie früher hervorgebracht werden. Da wohl kaum die Gassäule, welche die Luftröhre enthielt, bedeutende Mengen von Wasserstoff einschloß, so verliert dieser Versuch die erfoderliche Schärfe. Hätte aber die Gasmasse einen so großen Einfluß, als jene Annahme voraussetzt, so ließe sich erwarten, daß die Tonhöhe schon mit den verschiedenen Mengen von Kohlensäure, welche die ausgeathmete Luft führt, schwanken werde.

Die Versuche, die Stimmwerkzeuge mit Flöten zu vergleichen, führte manche Schriftsteller zu der eben beurtheilten Voraussetzung. Petréquin und Diday [5]) leiteten von ihr die Fistelstimme her. Die Stimmbänder sollten dann so stark gespannt sein, daß der Luftstrom nicht mehr Kraft genug habe, sie in Schwingungen zu versetzen. Sie wirkten daher wie festere widerstehende Wände. Die Stimmritze verwandelte sich so in eine Flötenöffnung. Die Schwingungen der Luftsäule selbst erzeugten daher die Tönung. Befestigt man die Blätter einer Zunge oder eines künstlichen Kehlkopfes, so daß sie nicht mehr frei schwingen können, so erhält man ebenfalls Fisteltöne (§. 3061.). Ließe sich diese Ansicht durchführen, so müßte auch der todte Kehlkopf, so lange nur die Stimmritze offen ist, bei jedem noch so hohen Grade der Spannung der Stimmbänder Fisteltöne erzeugen. Dieses ist aber wenigstens in den bisherigen Versuchen nicht möglich gewesen. Ueberschritt die Spannung eine gewisse Grenze, so blieb die Tonbildung aus (§. 3091.). Die Schwingungen der Stimmbänder können überdieß noch bei den höchsten Tönen, die ein Thier hervorbringt, bemerkt werden.

Romer [6]) leitete die gewöhnlichen Sprachtöne von den Stimmbändern, die musikalischen Gesanglaute dagegen von den Schwingungen der in der Luftröhre und den Bronchialverzweigungen enthaltenen Gassäule her. Die bisherigen Erfahrungen rechtfertigen

---

[1]) Biot, a. a. O. S. 145. Magendie, a. a. O. p. 108.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 202.
[3]) Joh. Müller, a. a. O. S. 203.
[4]) Liskowius, a. a. O. S. 35. 36.
[5]) Petréquin u. Diday, in der Gazette médicale de Paris. 1844. 8. Nr. 8 u. 9. p. 115 — 120. 134 — 139.
[6]) F. Romer, in The Lancet. Dec. 1844. p. 402 — 404. und The Physiology of the human Voice. London, 1845. 8. p. 1 — 16.

jedoch nicht diesen Unterschied. Die Höhe und die Tiefe der musikalischen Töne hängt, wie wir sahen (§. 3096.), eher von der Spannung der Stimmbänder, als der Größe der Stimmritze ab.

Die Schwingungen der Luftröhre und der Brust können nur den Klang, nicht aber die Höhe der Töne bestimmen. Da die Wände dieser Windröhren mit Leichtigkeit erzittern, so sind sie eher im Stande, die Rolle von Resonanzwerkzeugen zu übernehmen. Sie erzittern auch bei den Brusttönen am Lebhaftesten (Bd. I. §. 1281.). 3108

Die Verlängerung der Luftröhre, welche die Hebung des Kehlkopfes begleitet, der Wechsel der Durchmesser, den die Verkürzung der an den Luftgängen angebrachten Muskelfasern herbeiführt, muß die Verhältnisse der in ihnen enthaltenen Gassäule ändern. Die Geschwindigkeit ihres Stoßes und die Schwingungen, in die sie selbst verfällt, werden von diesen schwankenden Verhältnissen abhängen. Bishop [1]) nimmt geradezu an, daß hierdurch die Nebenwellen des Windrohres mit denen der Stimmbänder in Einklang kommen. Sollte dieses der Fall sein, so braucht wenigstens nicht die Ortsveränderung des Kehlkopfes die Verbesserung in jedem Falle einzuleiten. Denn wir können gleich hohe oder tiefe reine Töne erzeugen, wenn wir den Kehlkopf still halten und dafür die Stärke des Windes zweckmäßig ändern. 3109

Wir haben schon Bd. I. §. 1282. bis §. 1289. die Druckgrößen, unter denen der Wind in den verschiedenen Arten des Athmens spielt, kennen gelernt. Cagniard-Latour [2]) benutzte einen Fall von Luftröhrenfistel, um diese Erscheinungen mit Rücksicht auf die Stimmbildung zu untersuchen. Er erhielt 3,7 bis 4,4 Millimeter Quecksilber für das Ein- und 2,2 Mm. für das Ausathmen. Mittelstarke Stimmtöne ergaben ihm 9,6 Mm. 3110

Diese Werthe nähern sich, wie man sieht, denen, die ich erhalten habe (Bd. I. §. 1284.), in befriedigender Weise. Es ergiebt sich hieraus von Neuem, daß die Zahlen, die Mendelsohn für das gewöhnliche Athmen annahm, die richtigen Größen überschreiten. Was die Mittheilungen von Hutchinson betrifft, so lehrt die indeß erschienene ausführliche Abhandlung dieses Forschers [3]), daß er bei seinen Versuchen die Maximaldrucke der Ein- und der Ausathmung im Auge hatte. Seine Zahlen gleichen auch ungefähr in dieser Hinsicht den meinigen (Bd. I. §§. 1287. und 1288.). Wir stimmen auch darin überein, daß die Ausathmung bei möglichster Kraftanstrengung größere Drucke, als die Einathmung erzeugen kann. Dieser Umstand macht sie schon vor Allem geeignet, sehr starke oder hohe Töne hervorbringen und zur Stimmbildung überhaupt zweckmäßig benutzt zu werden.

Taschenbänder, Taschen und Wände des Kehlkopfes. — Man kennt noch größtentheils nicht den Nutzen, den diese Theile gewähren. Ihre Bestimmung bezieht sich wahrscheinlich mehr auf den Klang und die Stärke, als auf die Höhe der Töne. Da aber gerade diese Seiten der akustischen Verhältnisse von der Physik selbst in einer nur sehr un- 3111

[1]) Bishop, in den Philosophical Transactions for the Year 1816. Part. IV. pag. 562. 563.

[2]) Cagniard-Latour, in l'Institut. Nro. 222. Paris, 1837. 4. p. 394.

[3]) Hutchinson, in den Medico-chirurgical Transactions. Vol. XXIX. London, 1846. 8. p. 137 — 252. Vergl. auch Canstatt-Eisenmann's Jahresbericht für 1846. Bd. I. Erlangen, 1847. 4. Seite 148 fgg.

vollkommenen Weise erforscht worden sind, so kann es nicht befremden, daß sich die Physiologie auf allgemeine Andeutungen und einzelne Vermuthungen beschränken muß.

3112 Die Taschenbänder bilden eben so gut zwei häutige Zungen, wie die Stimmbänder. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß sie Töne hervorbringen werden, sobald die zwischen ihnen befindliche Oeffnung eine gewisse Größe nicht überschreitet. Sprach sie Lehfeldt [1]) in todten Kehlköpfen an, so erhielt er tiefere, an den Stimmbändern dagegen schärfere Laute.

Der Zwischenraum, der ihre Innenränder unter den natürlichen Verhältnissen trennt, ist zu groß, als daß hierdurch eine vollständige zweilippige Zunge zu Stande kommen könnte. Ein und derselbe Kehlkopf giebt auch den höchsten ihm möglichen Ton unter dem Maximum der Spannung der Stimmbänder an, die Taschen und die Taschenbänder mögen noch vorhanden sein oder nicht [2]). Es ergiebt sich hieraus, daß wahrscheinlich die Schwingungen, in welche sie verfallen, nur die Stärke und den Klang der Töne zu ändern vermögen.

3113 Die Morgagnischen Taschen machen die oberen und vorzüglich die unteren Schildgießbeckenbänder freier, so daß diese ungehinderter schwingen können. Sie sowohl, als die Wände des Kehlkopfes erzittern auf das Lebhafteste (Bd. I. §. 1280.). Diese Verhältnisse haben vermuthlich ihren bestimmten Einfluß auf den Klang der Stimme. Die Taschenbänder wirken dagegen nicht als Compensationswerkzeuge der Stimmbänder.

Savart nahm früher an, daß gewisse Töne in den Kehlkopftaschen allein erzeugt würden und daß überhaupt das Stimmwerkzeug mit einer Labialpfeife der Jäger übereinstimmte. Eine ausführliche Widerlegung dieser Ansicht giebt Liskowius, Physiologie der menschlichen Stimme für Aerzte und Nichtärzte. Leipzig, 1846. 8. S. 94 — 103.

3114 Kehldeckel. — Legt man ihn in lebenden Thieren bloß, so kann man bemerken, wie er bei der Erzeugung stärkerer Töne mitschwingt. Er tritt zugleich nach Mayer's [3]) Angabe bei tiefen Tönen weiter nach unten und kehrt dann seinen freien Rand nach oben. Werden dagegen die höchsten Laute hervorgebracht, so begiebt er sich nach vorn, nimmt eine waagerechtere Stellung an und rollt sich an seinen Seitenrändern ein. Nöggerath [4]) fand das Letztere in einem Manne, der eine große offene Halswunde hatte, bestättigt.

3115 Wirkte der Kehldeckel wie ein Stopfen, der vor einem Zungenwerke angebracht ist, so müßte er bei seinem Umlegen den Ton erhöhen können. Die Erfahrung spricht jedoch eher gegen, als für diese Vermuthung. Entfernt man den Kehldeckel gänzlich, so ändert sich die Stimme nicht. Legt

---

[1]) Lehfeldt, a. a. O. p. 50. Vergl. auch Runge, in Alb. Haller, de partium c. h. praecipuarum fabrica et functionibus. Tom. VII. Bernae et Lausannae, 1778. 8. pag. 338. 339.

[2]) Joh. Müller, Ueber Compensation. S. 30.

[3]) Mayer, in dem literarischen Archiv der Academie zu Bern. Bd. IV. Bern, 1814. 8. Seite 51.

[4]) C. E. Noeggerath, De voce, lingua, respiratione, deglutitione observationes quaedam. Bonnae, 1841. 4. p. 5.

man ihn vor die Stimmritze, so wechselt zwar der Klang, man kann aber kaum in einigen seltenen Fällen eine Erhöhung des Tones wahrnehmen[1]).

Will man den Ton einer Orgelpfeife mittelst einer Verstärkung des 3116
Windes voller machen, so nimmt er zugleich an Höhe zu, sobald keine Nebenverbesserung eingreift (§. 3101.). Grenié half aber diesem Uebelstand dadurch ab, daß er ein weiches elastisches Blatt von Papier oder Pergament, gleich dem Kehldeckel über den Zungen im Innern der Röhre anbrachte[2]). Es hebt sich dann bei der Beschleunigung und sinkt bei der Verzögerung des Luftstromes. Magendie[3]) und Biot[4]) schreiben es daher dem Kehldeckel zu, daß wir den Ton schwellen können, ohne ihn erhöhen oder die Stimmbänder in entsprechendem Maaße erschlaffen zu müssen. Versuche und Erfahrungen an Kranken, denen der Kehldeckel mangelte, haben über diese Ansicht noch nicht entschieden.

Mund-Nasenrohr. — Wir können diese Theile mit einem doppel- 3117
ten Corpus oder einem zwiefachen Ansatzrohre vergleichen. Es läßt sich aber leicht darthun, daß sie keinen wesentlichen Einfluß auf die Tonhöhe ausüben. Diese ändert sich nicht, man mag den Mund oder die Nase offen oder geschlossen halten, die Lippe zu einem Rohre verlängern oder flach an die Vorderzähne andrücken. Der Verlust einzelner Gebilde, welche der Mundrachenhöhle oder der Nase angehören, hindert es nicht, daß der Mensch das früheren Maximum der Höhe oder Tiefe seiner Stimmbildung beibehält.

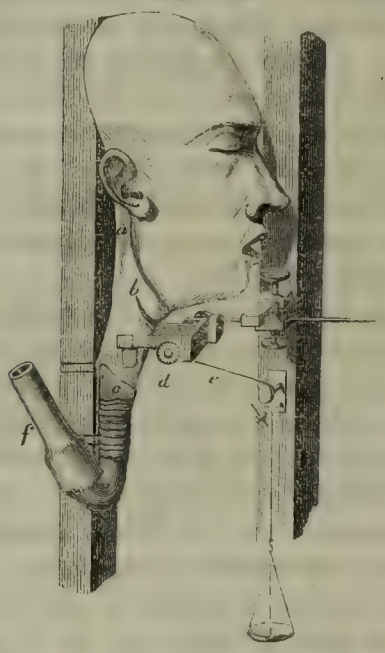
Steigt der Kehlkopf bei hohen Tönen hinauf und geht er bei tiefen 3118
hinab, so wird das Corpusrohr in jenem Falle verkürzt und in diesem verlängert. Diese Veränderung würde zwar den akustischen Forderungen entsprechen (§. 3064.). Die Längenunterschiede, die aber auf diesem Wege erzeugt werden, sind wiederum zu klein, als daß sie die ganze Breite des Tonwechsels, der in solchen Fällen zu Stande kommt, bedingen könnten.

Wir werden in der Folge sehen, daß der größte Theil der Sprach- 3119
laute von der Einstellung der Gebilde des Mund-Nasenrohres abhängt. Foderte daher schon der geistige Gebrauch der Stimmwerkzeuge diese Nebenstücke, so haben sie doch noch den Nutzen, daß sie den Klang und die Stärke der Tönung bestimmen helfen. Bringt man ein doppeltes Corpusrohr vor einem Zungenwerke an, so gewinnt man hierdurch Nichts für die Tonhöhe. Der Klang wird aber mit der Verschiedenheit der Ansatzstücke wechseln. Er verbessert sich mit der Verdoppelung der Ausgangsstücke[5]). Können in dieser Hinsicht die beiden Röhren ungleiche Einflüsse ausüben, so muß sich auch der Laut ändern, je nachdem beide oder nur eines von ihnen vorzugsweise benutzt werden. Der Unterschied, den die gewöhnliche und die Nasenstimme darbieten, können uns dieses am Einfachsten versinnlichen.

[1]) Joh. Müller, Ueber Compensation. S. 31.
[2]) Biot, a. a. O. S. 144.
[3]) Magendie, a. a. O. pag. 110.
[4]) Biot, a. a. O. S. 144.
[5]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 204.

Joh. Müller[1]) versuchte auch die künstlichen Tonbildungen, welche der Anspruch der Stimmbänder bei der Anwesenheit des Mund-Nasenrohres erzeugt, zu verfolgen. Man entfernt zu diesem Zwecke die Halswirbel und den hinteren Theil des Schädels, sticht eine Nadel durch die Gießkannenknorpel und schlingt einen Faden auf die früher (§. 3086.) erwähnte Weise herum, um die Athmungsglottis zu verschließen. Das Ganze wird dann, wie es Fig. 167. zeigt, befestigt. Der unversehrte Schlundkopf ruht an dem einen Pfeiler der Fig. 165. abgebildeten Vorrichtung. Ein Compressorium *d*, das die Stimmbänder von den Seiten zusammendrückt, ist unter dem Zungenbeine *b* und über dem Ringknorpel *c* angebracht. Man muß hier die Pressung nach Verschiedenheit der Umstände vergrößern oder verkleinern. Ein Faden *e*, der über eine Rolle läuft und eine Waagschaale trägt, geht von dem oberen Theile des Schildknorpels aus und spannt auf diese Weise die Stimmbänder an. Ein Anspruchsrohr *f* kommt endlich noch in die Luftröhre.

Fig. 167.



Will man tiefere Töne hervorbringen, so genügt es nicht, daß man die an *e* hängende und sonst mit Gewichten beschwerte Wagschaale entfernt, weil dann immer noch die Stimmbänder vermöge der Schwere der darüber liegenden Theile und der Elasticität des mittleren Ring- und Schildknorpelbandes in zu hohem Maaße gespannt werden. Man muß vielmehr hier den nöthigen Grad der Erschlaffung auf die §. 3086. erwähnte Weise durch Gegengewichte zu erreichen suchen.

Es versteht sich von selbst, daß diese Vorrichtung weniger scharfe Versuche, als der herausgeschnittene Kehlkopf gestattet. Die immer zunehmende Spannung steigerte die Tonhöhe in Müllers Versuchen von $\overline{e}$ bis $\overline{\overline{dis}}$, die Erschlaffung dagegen vertiefte sie von $\overline{dis}$ bis H. Veränderte man die Umgebungen der Mundöffnung in entsprechender Weise, so ließen sich *a* und *u* von Vocalen und *m* und *w* von Consonanten hervorbringen. Die Stimme selbst glich aber bisweilen vollkommen der des lebenden Menschen, ein Ergebniß, das man an ausgeschnittenen Kehlköpfen nie erreicht.

3120 **Eigenthümlichkeit der Stimmbildung jedes einzelnen Menschen oder Thieres.** — Jeder von uns pflegt die mittleren, ihm möglichen Töne für die gewöhnliche Thätigkeit seiner Stimmwerkzeuge zu gebrauchen. Wir können dann das Sprechen mit genügender Vollkommenheit und unter der geringsten Anstrengung länger fortsetzen. Der Mann redet daher meist im Tenor, die Frau im Alt und das Kind in hohen Tonbildungen, die seinen zarteren Stimmwerkzeugen entsprechen. Die vorzüglichsten Merkmahle dagegen, an denen wir die Stimme eines jeden einzelnen Menschen erkennen, liegen nicht sowohl in der Höhe, als in dem Klange der Tönung. Der Wechsel der Massen, welche die Träger der Lauterzeugung darstellen, muß auf diesen vielseitiger, als auf jene wirken.

Stimmbildung unter krankhaften Verhältnissen. — Erweitert sich die Stimmritze in zu bedeutendem Grade, so wird auch die Fähigkeit, Töne hervorzubringen, verloren gehen (§. 3082.). Ist sie umgekehrt übermäßig verengt, so müssen die hohen Töne leichter, als die tiefen zu Stande kommen.

[1]) Joh. Müller, Ueber Compensation. S. 30.

Der Stoff, aus dem die Stimmbänder bestehen, kann schon von vorn herein die Art der Tönung bestimmen. Bleiben sich die übrigen Verhältnisse gleich, so geben Zungen von Messing kleinere Schwingungszahlen und mithin tiefere Töne, als solche von Holz oder von Hollundermark [1]). Besitzen aber die Stimmbänder ungleiche Dichtigkeitsgrade, schwellen sie bei Katarrhen oder in entzündlichen Leiden des Kehlkopfes auf, bedecken sie sich mit zähen Schleimabsätzen, so werden auch die Tonhöhe, der Klang und die nöthige Windstärke wechseln. Alle Ursachen, welche die Geschwindigkeit der Schwingungen verkleinern, müssen dann die Tönung vertiefen, diejenigen Verhältnisse dagegen, welche Schwingungsknoten herbeiführen, die Stimmbänder in einzelne thätige Massen theilen oder nur ihre Innenstücke erzittern lassen, erhöhen. Geht die Möglichkeit jeder geordneten Wellenbewegung verloren, werden die Bänder von Eiter zerfressen, so verliert sich auch die Stimmbildung in entsprechendem Maaße.

Da die Spannung der Stimmbänder von den Kehlkopfmuskeln abhängt, so müssen Krämpfe und Lähmungen derselben die durchgreifendsten Einflüsse ausüben. Die hohen und pfeifenden Töne, die wir bei krampfhaften Verengerungen der Stimmritze wahrnehmen, hängen zunächst nicht von der Kleinheit der Glottis, sondern von der Straffheit der Stimmbänder ab. Sind dagegen die Muskeln, welche diese beherrschen, gelähmt, so wird zwar eine Verstärkung des Windes die Töne erhöhen können (§. 3101.). Die Grenzen, innerhalb deren dieses möglich ist, müssen aber hinter den regelrechten Verhältnissen zurückbleiben [2]). Sind endlich die verschiedenen Kehlkopfmuskeln in ungleichem Grade thätig, so wird sich bald eine anhaltende zu große Spannung, bald eine ungewöhnliche Erschlaffung der Stimmbänder zu erkennen geben. Ist es aber nur möglich, daß diese in ungleichem Maaße gespannt werden, so daß sich z. B. das rechte stärker, als das linke anzieht, so brauchen nicht nothwendiger Weise Doppeltöne zu Stande zu kommen (§. 3063.).

Jede Krankheit der Luftröhre oder der Lungen, welche die Erzeugung eines starken Windstromes verhindert, wird auch die Stimme schwächen und sie ihrer höchsten Töne berauben. Sind die Morgagnischen Taschen mit Schleim gefüllt, so können auch die Bänder weniger frei schwingen (§. 3113.). Sie stoßen bei ihren Wellenbewegungen an zähe, fremdartige Massen an. Die Heiserkeit der Töne und die Unmöglichkeit des Singens erklären sich auf diese Weise. Anhäufungen von Schleim, welche die Stimmbänder bedecken oder den Kehlkopf zu einem großen Theile füllen, müssen dieselben Nachtheile herbeiführen. Es kann dagegen im Leben nie vorkommen, daß die Stimmbänder völlig vertrocknen und deshalb keine Töne von sich geben (§. 3088.). Die Ernährungsflüssigkeit und die Berührung mit der mit Wasserdampf gesättigten Ausathmungsluft machen diese Voraussetzung der praktischen Heilkunde unmöglich.

Sind die Kehlkopfknorpel verknöchert oder überhaupt nur spröder geworden, so werden sie weniger leicht mitschwingen und selbst die Stimmbänder in ihrer Thätigkeit beeinträchtigen. Die Melodie des Gesanges verliert sich daher in alten Leuten. Ist eine völlige Verknöcherung zu Stande gekommen, so wird der Ton nach Sömmerring [3]) dumpf und in auffallender Weise resonnirend, bisweilen aber auch zischend.

Verengern die krankhaft vergrößerten Mandeln den Rachendurchgang, geben die einzelnen Theile desselben den Stößen weniger nach, so erhält die Stimme einen eigenen Klang, wie wenn fremde Körper, die ähnliche Störungen herbeiführen, z. B. Klöße im Munde wären. Regelwidrige Oeffnungen im harten oder Zerstörungen in dem weichen Gaumen, der Verlust der Nasenknochen und ähnliche Eingriffe, die natürliche oder künstliche Verengerung des Nasenrohres und regelwidrige Oeffnungen im harten oder weichen Gaumen machen nicht bloß die Sprache undeutlichre, sondern verleihen auch der Resonanz einen unangenehmen Klang, den wir als Näseln bezeichnen.

Es versteht sich von selbst, daß die Entfernung des Schleimes, der die Schwingungen

---

[1]) Cagniard-Latour. l'Institut. Nro. 536. Paris, 1844. 8. p. 116. 117.

[2]) Vergl. z. B. einen Fall der Art bei Donders u. Moleschott. in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. IV. Heidelberg, 1846. Seite 219 — 230.

[3]) S. Th. Sömmerring, De corporis humani fabrica. Tom. VI. Traj. ad Moenam. 1801. 8. pag. 117.

beeinträchtigt, die Stimme von ihren früheren Hindernissen befreien wird. Sind die einzelnen Theile der Stimmwerkzeuge zu trocken geworden, so muß ihnen eine künstliche Anfeuchtung nachhelfen können. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, daß die Lösungen von Zucker, von Gerstenschleim und von ähnlichen Dingen, welche Katarrhalische erleichtern, wie behauptet worden, durch den hinteren Theil der Athmungsglottis in die Luftröhre hinabgehen, hier durch ihren Reiz Auswürfe erregen und so den peinlichen Zustand erleichtern. Die Besserung stellt sich häufig genug ein, ohne daß Husten dazwischen getreten ist.

Ueber die Aufschlüsse, welche die stethoskopische Untersuchung (Bd. I. §. 1281.) über einzelne Leidensverhältnisse der Stimmwerkzeuge geben kann, s. J. Skoda, Abhandlung über Percussion und Auscultation. Zweite Auflage. Wien, 1842. 8. S. 30 flg.

3121 **Umfang der Menschenstimme.** — Er wechselt in hohem Grade in den verschiedenen Personen und in den einzelnen Lebensaltern. Der Sopran reicht von $\overline{\overline{c}}$ bis $\overline{c}$ oder angeblich[1]) von $\overline{\overline{f}}$ bis $\overline{\overline{c}}$, der Mezzo-Sopran von $\overline{a}$ bis $\overline{e}$, der Alt von $\overline{f}$ bis f, der Tenor von $\overline{c}$ bis a oder $\overline{c}$, der Baryton von $\overline{f}$ bis A und der Baß von a bis E.

Rechnen wir nun nach den 7 Tönen, die von dem Anfange der einen bis zu dem der zweiten nächst höheren Octave vorkommen, so erhalten wir 2 bis $2^3/_7$ Octaven für den Sopran, $1^4/_7$ für den Mezzo-Sopran und 2 für den Alt. Der Tenor hätte dann 2 bis $1^6/_7$, der Baryton $1^6/_7$ und der Baß etwas mehr als 2 Octaven.

3122 Eine zum Singen geeignete Stimme bewegt sich gewöhnlich in reinen musikalischen Tönen, die 2 bis $2^1/_2$ Octaven umfassen. Ausgezeichnete Talente überschreiten jedoch häufig diese Grenze. Die Catalani hatte $3^1/_2$ Octaven. Die Sessi konnte vom $\overline{\overline{f}}$ bis c herabgehen. Vorzügliche Bassisten gelangen häufig zu sehr tiefen Tönen. Der ältere Fischer konnte nach $\overline{F}$, mithin eine Octave tiefer, als der gewöhnliche Baß erreichen[2]).

3123 Da die Tonhöhe von der Zahl der Schwingungen abhängt, so lassen sich hiernach die dem Umfange der Menschenstimme zukommenden Wellenmengen berechnen (§. 3043.). Die Einzelwerthe hängen natürlich von der Grundzahl, von der man ausgeht, ab. Viele nehmen an, daß der tiefste Ton der 32füßigen Orgelpfeife, $\overline{\overline{C}}$, 32 Schwingungen in der Secunde macht. Dieser Werth entspricht nicht genau der Schallgeschwindigkeit, welche die atmosphärische Luft bei 0° C. besitzt (§. 3054.). Man giebt ihm aber den Vorzug, weil man hier eine einfache Potenz von 2 hat und so die Bruchtheile möglichst vermeidet[3]). Andere Forscher dagegen legen höhere Werthe, z. B. 34,375 Schwingungen, nach den an den Stimmgabeln erhaltenen Verhältnissen zum Grunde[4]). Setzt man voraus, daß die Länge der Orgelpfeife genau 32 rheinländische Fuß oder 10,03 Meter beträgt, so geben die sichersten neueren Werthe der Schallgeschwindigkeit 33,13 Schwingungen (§. 3054.). Wir wollen daher 33 als runde Zahl mit einigen französischen Physikern annehmen.

Anhang Nr. 125.

[1]) Nach Muncke. Diese Angabe kann jedoch mit Recht bezweifelt werden.
[2]) Muncke, in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8.
[3]) Biot, a. a. O. S. 21.
[4]) Muncke, a. a. O. S. 311 — 315.

Reicht die gewöhnliche Männerstimme von g bis $\overline{\overline{g}}$, so erhalten wir 3124
396 bis 1584 Schwingungen. Die Frauenstimme, die sich zwischen $\overline{d}$ und
$\overline{\overline{c}}$ zu halten pflegt, hätte hiernach 594 bis 2112.

Versuchen wir die Werthe, die den einzelnen Tonreihen zukommen, 3125
nach jenem Grundwerthe zu bestimmen, so finden wir:

Stimmweise.	Grenze der Töne.	Zahl der Schwingungen in der Secunde.
Sopran.	$\overline{\overline{c}}$ bis $\overline{c}$	2112 bis 528.
	$\overline{\overline{f}}$ bis $\overline{c}$	2816 bis 528.
Mezzo-Sopran.	$\overline{\overline{a}}$ bis $\overline{e}$	1760 bis 660.
Alt.	$\overline{\overline{f}}$ bis f	1408 bis 352.
Tenor.	$\overline{\overline{c}}$ bis c	1056 bis 264.
	$\overline{a}$ bis c	880 bis 264.
Baryton.	$\overline{f}$ bis A	704 bis 220.
Baß.	a bis E	440 bis 165.

Man sieht leicht, daß diese Zahlen nur ungefähre Bestimmungen liefern können, weil die Stimmung und der Grundwerth nach den verschiedenen musikalischen und akustischen Schriftstellern verschieden ausfallen.

Ausgezeichnete Künstler können natürlich noch jene Grenzen bedeutend überschreiten. Das $\overline{F}$ des oben (§. 3122.) angeführten Bassisten z. B. giebt uns 88 Schwingungen in der Secunde.

Gesang. — Er setzt nicht bloß eine zweckmäßige Einrichtung der 3126
Stimmwerkzeuge, sondern auch ein musikalisches Gehör voraus. Man findet daher häufig, daß Menschen, die sonst eine wohlklingende Stimme besitzen, keinen gegebenen Ton rein nachahmen und noch weniger melodisch singen können und daß umgekehrt Leute, deren Stimme den nöthigen Wohlklang nicht besitzt, die schwierigsten Melodien richtig, aber auf unangenehme Weise wiederholen. Die geistige Auffassung übernimmt überdieß noch eine wichtige Rolle. Das bloße Einlernen und die selbstständige Verarbeitung verrathen sich noch deutlicher bei dem Gesange, als bei dem Spiele musikalischer Instrumente.

Kinder und Frauen singen gewöhnlich Diskant, Sopran oder Alt, 3127
erwachsene Männer dagegen Tenor oder Baß. Dieser Unterschied hängt mit der Größe und der Beschaffenheit der Stimmwerkzeuge zusammen. Kleinere Kehlköpfe mit kürzern Stimmbändern und minder winkeligem Schildknorpel eignen sich vorzugsweise zu höheren und weicheren Tonbildungen. Der kindliche Kehlkopf erfüllt zunächst diese Bedingungen. Tritt später die Pubertätszeit ein, so ändern sich auch die Stimmwerkzeuge in stürmischerer Weise. Die Verschiedenheiten, welche der Kehlkopf des Mannes und der Frau darbieten, bilden sich zu jener Zeit schärfer aus. Die Stimme kann hierbei eine Reihe von Tönen gewinnen. Wir haben eine

Uebergangsepoche, in der die Höhe und der Klang der Stimme ihre Reife erhalten. Nur rauhe Töne können in der Zwischenzeit, während des sogenannten Brechens oder Mutirens der Stimme hervorgebracht werden. Die Stimme schnappt oft über und ist dann nicht selten tiefer als sie späterhin bleibt. Obgleich sich die Hauptveränderung an dem Kehlkopfe selbst zu erkennen giebt, so unterliegt es doch kaum einem Zweifel, daß auch die übrigen Gebilde an dem Wechsel Theil nehmen.

Man muß im Allgemeinen als Regel festhalten, daß ein Mensch, dessen Stimme sich bricht, das Singen während der ganzen Uebergangszeit unterlassen soll. Manche Personen können dann gar keine musikalische Töne hervorbringen. Ist aber auch dieses nicht der Fall, so fodert doch immer der Gesang eine unverhältnißmäßige Anstrengung, welche die regelrechte Entwickelung sehr leicht unterbricht. Ein Bruder von Donizetti beging die Unvorsichtigkeit, seine Gesangübungen während jener Zwischenzeit fortzusetzen und verlor auf diese Weise seine Stimme. Sie entwickelte sich dagegen nach Bennati[1]) auf das Beste in einem ähnlich begabten Mitschüler, der jene Epoche mit Ruhe abwartete.

Wird die geschlechtige Entwickelung aus irgend einem Grunde gehemmt, so bildet sich auch nicht der Kehlkopf in regelrechter Weise aus. Der Mann behält daher in diesem Falle eine feine und hohe Stimme. Es fehlt ihr zugleich die klangreiche, volle und angenehme Tönung, welche die zartere Frauenstimme auszeichnet. Man braucht daher nur ein Mal die Castratenstimme gehört zu haben, um sie sogleich wiederzuerkennen. Männer, deren Geschlechtsreife zurückgeblieben ist, können einen stattlichen Wuchs und selbst ein sehr kräftiges Aeußere darbieten. Sie verrathen sich aber häufig dadurch, daß ihre Stimme in feinen schrillenden Tönen anspricht oder daß sie oft sprungsweise aus der hohen Fistel in tiefe Brusttöne und umgekehrt übergeht.

Die Hauptursache dieses Uebelstandes liegt wahrscheinlich darin, daß die Kleinheit und Unvollkommenheit des Kehlkopfes in keinem gehörigen Verhältnisse zu der Größe der Brust und der wiederhallenden Theile der Stimmwerkzeuge steht. Der Kehlkopf bleibt in Verschnittenen mehr zurück, als die übrigen Stücke, welche die Tönung des Gesanges und der Sprache vermitteln helfen[2]).

3128 Die Stimme gewinnt immer mehr an Stärke, Kraft und Sicherheit, je reifer der Jüngling und das Mädchen werden. Die Fähigkeit des Gesanges sinkt dagegen, so wie der Mensch die Jahre seiner Blüthe überschritten hat. Alle Gebilde werden nach und nach starrer. Einzelne Knochenmassen setzen sich nicht selten in dem Schildknorpel, dem Ringknorpel und den Schnepfenknorpeln ab (§. 3120.). Es bedarf noch genauerer Untersuchungen, ob das natürliche Ausbleiben der Regeln die Stimme der Frauen nothwendiger Weise ändert oder nicht. Bleichsüchtige können noch oft die Fähigkeit, gut zu singen, beibehalten.

3129 Man unterscheidet zunächst zweierlei Stimmweisen, die Brust- und die Fistelstimme. Jene bewegt sich im Allgemeinen in tieferen und diese in höheren Tönen. Die Schwingungsmengen entsprechen übrigens nicht beiden Tonarten in scharfer Weise. Denn die höchsten Töne der Bruststimme lassen sich eben so gut mit der Fistel, als die niedersten von dieser mit der Bruststimme hervorbringen. Der Klang und die hierzu erforderliche Einstellung der Theile liefern vielmehr die wesentlichsten Merkmahle. Der

---

[1]) Bennati, in den Annales des sciences naturelles. Tome XXIII. Paris, 1831. 8. pag. 53.

[2]) Liskowius, Theorie der Stimme. S. 54.

Unterschied spricht sich meist in Männern schärfer, als in Frauen aus. Kinder können schon Brust-, Fistel- und Kopftöne innerhalb des Bezirkes ihrer Stimmbildung hervorbringen[1]).

Die Kopfstimme steht gewissermaßen in der Mitte zwischen der Brust- 3130
und der Fistelstimme. Sie hat nicht den harten Klang der ersteren und erreicht auch nicht die Weichheit der letzteren.

Jedes der Hauptregister der beiden genannten Stimmweisen kann 3131
nach Garcia[2]) hell (Voix clair, Voix blanche) oder gedämpft und verhüllt (Voix sombrée) gegeben werden. Der Wechsel des Klanges und der Resonanz führt diesen Unterschied herbei. Soll die Stimme hell erschallen, so hebt sich nach ihm der Kehlkopf, so wie die Töne an Höhe zunehmen. Der Kopf streckt sich dann zuletzt in geringem Grade nach hinten. Das Gaumensegel dagegen senkt sich unter allen Verhältnissen nach unten. Der Rachendurchgang verengert sich, so wie die Noten höher werden. Ist dagegen die Stimme gedämpft, so verharrt der Kehlkopf in einer tieferen Stellung. Er hebt sich nur bei den feineren Tönen der Kopfstimme. Das Gaumensegel steigt dagegen in jedem Falle in die Höhe. Die Choanen werden schon bei den höheren Brusttönen abgeschlossen. Der Kopf neigt sich eher nach vorn. Die Bewegungen des Kehlkopfes wirken mithin auf den Klang und das Volumen, nicht aber auf die Höhe der Töne. (§. 3118.).

Die Brust- und die Kopfstimme verbrauchen nach Garcia die zu 3132
Gebote stehende Luft mit ungleicher Geschwindigkeit. Athmete ein Sänger möglichst tief ein und sang er dann eine Note mit der Bruststimme, bis er alle überschüssige Luft verbraucht hatte, so machte indeß das Metronom 24 bis 26 Schwingungen; diese fielen aber auf 16 bis 18, wenn man den gleichen Versuch mit der Fistelstimme wiederholte.

Man hat die Verschiedenheit der Brust- und der Fistelstimme von den mannigfachsten Ursachen hergeleitet[3]). Viele der in dieser Hinsicht aufgestellten Vermuthungen fallen nach dem, was früher erörtert worden, von selbst hinweg. Hierher gehören die Meinungen, daß die Fistelstimme von den Taschenbändern (Mayer, Cagniard-Latour), von der Luft, die in den Morgagnischen Taschen enthalten ist (Savart), von den über dem Kehlkopf gelegenen Muskeln (Bennati), von den Verhältnissen des weichen Gaumens (Mayer, Colombat de l'Isère) oder anderer oberhalb des Kehlkopfes befindlicher Theile (Duttenhofer) herrührt. Manche Schriftsteller nehmen an, daß nur die innersten Stücke der Stimmbänder bei den Fistelstönen saitenartig schwingen (Lehfeldt, Joh. Müller)[4]), oder daß sie sich in einzelne erzitternde Theile sondern (Gottfr. Weber) (§. 3049.). Andere suchten den Grund in Knotenbildungen und Durchmesserveränderungen der Luftsäule des Windrohres (Bishop). Noch andere ließen die Stimmwerkzeuge bei den Fistelstönen flötenartig spielen (Petrequin und Diday) (§. 3107.). Liskowius endlich glaubt, daß sich die Gießbeckenknorpel bei der Brustst imme vorwärts und bei der Fistelstimme rückwärts bewegen. Die Stimmbänder wären also in dem ersteren Falle erschlafft und in dem zweiten gespannt. Ihre Schwin-

[1]) M. Garcia, Mémoire sur la voix humaine. Paris, 1847. 8. p. 5.
[2]) Manuel Garcia, in der Gazette médicale de Paris. Tome IX. Paris, 1841. p. 270 fgg. u. Mémoire sur la voix humaine. p. 11 — 16.
[3]) Ein ausführliches Verzeichniß der Ansichten giebt Liskowius, Physiologie der Stimme. S. 131 — 133.
[4]) Vgl. darüber M. Garcia, Mémoire sur la voix humaine. Paris, 1847. 8. p. 21—25

gungsbogen vergrößern sich daher unter jenen und verkleinern sich unter diesen Bedingungen.

Fassen wir nur die Tonhöhe ins Auge, so hat es, wie es scheint, das Meiste für sich, daß die Fistel eine stärkere und die Bruststimme eine schwächere Spannung der Stimmbänder voraussetzt, oder daß einzelne Theilschwingungen bei den höheren Tönen durchgreifen. Ein Umstand bereitet jedoch hier einige Schwierigkeiten. Geht nämlich der Ton in die Fistel über, so vergrößert sich der Raum, der vorn den Schildknorpel von dem Ringknorpel trennt [1]). Die Bruststimme verkleinert ihn eher [2]). Man hat hieraus geschlossen, daß die eine Hälfte der Spanner der Stimmbänder, die Ring-Schildknorpelmuskeln (Crico-thyreoidei) (*b* Fig. 163., *a* Fig. 164.) in jenem Falle erschlaffen und sich in diesem verkürzen. Es fragt sich jedoch, ob die Erscheinung, so weit sie durch das Gefühl erforscht werden kann, zu der die Fistel betreffenden Folgerung berechtigt.

Die Bruststimme erzeugt jedenfalls eine stärkere Resonanz der Luftröhre und der Brust, als die Fistel. Die ältere Ansicht von Dodart, daß die mitgetheilten Schwingungen der Nasenhöhle die Hauptursache der Fistelstimme bilden, fußt auf keinen beweisenden Grundlagen. Die näselnden Brusttöne zeugen eher gegen sie.

Bedenken wir, daß nur zum Theil die Tonhöhe, vorzugsweise aber der Klang die Eigenthümlichkeit der beiden Stimmweisen bestimmt, so muß man zugeben, daß man die ursprünglichen Verhältnisse, die ihnen zum Grunde liegen, noch nicht mit Sicherheit zu erläutern vermag.

3133 Der Baß kann noch manche, physiologisch bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten darbieten. Hat ein Mensch seine Stimme überschrieen, so sind wahrscheinlich hierdurch seine Stimmbänder schlaffer geworden. Sie erzeugen daher dann rauhere Brusttöne und bedingen auf diese Weise den sogenannten Strohbaß. Die russischen Sänger gebrauchen bisweilen bei ihren religiösen Vorträgen einen eigenen Baß, den man als Contrebaß zu bezeichnen pflegt, Er zeichnet sich durch die Tiefe und die Rauhigkeit der Töne aus und erinnert deshalb an manche Stimmweisen der Säugethiere. Der Kehlkopf steht dann in jedem Falle sehr tief. Werden höhere Töne angegeben, so geht er mindestens weniger, als sonst empor. Er steigt sogar dann in manchen Fällen eher hinab, als hinauf [3])

3134 Die Brust entwickelt sich kräftiger in dem männlichen, die Hals- und die Lendengegend aber in dem weiblichen Körper. Der Mann verdankt vor Allem seine stärkere Stimme der bedeutenden Größe der Brust, der Luftröhre und des Kehlkopfes. Gute Bassisten zeichnen sich auch in der Regel durch eine volle Brust und durch breitere Schultern aus. Die Körpergröße hat dagegen hier einen geringeren Einfluß. Mannweiber, die tiefe, dem Basse sich nähernde Altstimmen besitzen, sind auch in der Regel mit einem kräftigeren Brustkasten und einem verhältnißmäßig stärkeren Körperbaue ausgerüstet.

Die Versuche, die man an den Stimmbändern todter Kehlköpfe anstellt, können H bis

≡ dis angeben, je nachdem man die Zungen, so sehr als möglich, erschlafft oder anspannt (§. 3092.). Wir haben hier mithin mehr als drei Octaven, d. h. eine größere Weite, als sie gewöhnlichen Sängern und Sängerinnen zukommt. Wir können uns diesen Unterschied daraus erklären, daß der lebende Mensch nicht im Stande ist, seine Stimmbänder in dem nöthigen Maaße an- und vorzüglich abzuspannen und nichts desto weni-

---

[1]) Bishop, a. a. O p. 563. 564.
[2]) Liskowius, Physiologie der Stimme. S. 43. 44.
[3]) Garcia, a. a. O. p. 270. 271. u. Mémoire sur la voix humaine. S. 25 — 27.

ger noch reine musikalische Töne hervorzubringen. Die tiefen brummenden Laute und das hohe Schreien können aber lehren, daß selbst noch weiter gehende unangenehme Töne dem lebenden Kehlkopfe möglich sind.

Fängt ein Mensch an, sich im Gesange zu üben, so detonirt er leicht, weil die Muskeln des Kehlkopfes den nöthigen Grad von Uebung noch nicht erlangt haben. Dasselbe wiederholt sich nach dem Brechen der Stimme. Der Jüngling weiß sich dann gleichsam nicht in dem veränderten Wohnsitze seiner Stimme zurecht zu finden. Er lernt es auch erst nach und nach, aus einer Tonweise in die andere überzugehen. Strengt er aber seine Muskeln zu sehr an, so kehrt auch hier die Unsicherheit der Ermüdung wieder. Die Stimme zittert, detonirt oder versagt selbst gänzlich.

Manche Gesanglehrer haben die Bemerkung gemacht, daß bisweilen Nebentöne außer den Haupttönen bei dem mühevolleren Singen zum Vorschein kommen. Die Quinte klingt in diesem Falle am Leichtesten, wie in Orgelpfeifen mit. Ein musikalisches Ohr kann bisweilen schon etwas Aehnliches des Nachts bei dem lauten Rufe des Wächters wahrnehmen (§. 3037.).

Der Mensch paßt seine Gesangsweise unbewußt den Verhältnissen der Umgebung zweckmäßig an. Wir ziehen tiefe Töne in kleinen leicht wiederhallenden Zimmern und hohe im Freien vor. Die Volksgesänge der Bewohner der Ebene, der Wälder, die Lieder der Bergleute eignen sich meist für den Baß, den Tenor oder den tieferen Alt. Die Jodellieder der Gebirgshirten bewegen sich dagegen vor Allem in den höheren Fisteltönen.

Das Spiel des Brustkastens darf nicht während des Singens durch eine unzweckmäßige Stellung, durch Krümmungen des Rückens, von engen Kleidern, einem gefüllten Magen und ähnlichen Hindernissen beeinträchtigt sein. Man muß auch deshalb das anhaltende Sprechen oder Laufen vor dem Singen zu vermeiden suchen. Hebt der Künstler seine Brust recht frei empor, so kann er nicht bloß reinere Töne angeben, sondern auch seine Stimmwerkzeuge in höherem Grade schonen.

Schwere und derbe Speisen, geistige Getränke, Erkältungen und andere Einflüsse, die leicht zu katarrhalischen Zuständen führen, müssen natürlich dem Gesange schädlich werden. Manche Künstler, die für ihre Stimme sehr besorgt sind, meiden den Genuß fester Fette gänzlich. Eine Mischung von flüssigen Fetten und Zucker dagegen, wie z. B. von Candiszucker und Eigelb, kann nicht selten die Rauhigkeit der Stimme binnen Kurzem beseitigen. Die Töne von Bassisten, die viel Bier trinken, werden zwar oft tiefer, zugleich aber auch rauher. Wie leicht der Genuß weingeistiger Getränke die schönsten Stimmen vernichtet, lehrt die tägliche Erfahrung nur zu häufig. Ausschweifungen in der Liebe und häufige Wochenbetten können zwar ebenfalls nachtheilig wirken; allein manche Künstler und Künstlerinnen, die sich keineswegs auf diesem Felde schonen, bewahren noch ihre wohltönende Stimme bis in ihr reiferes Alter. Der Umfang und der Klang scheinen hierunter noch am Ehesten zu leiden.

Veränderungen der Gebilde des Mund-Nasenrohres bei dem Singen. — Da die Einstellung der Zunge, des weichen Gaumens, der Wangen und der Lippen mit der Verschiedenheit der Buchstaben wechselt, so versteht es sich von selbst, daß hier nur von den Verhältnissen, die das sprachlose Singen begleiten, die Rede sein kann. Die Stellungen können sich aber auch dann innerhalb einer gewissen Breite ohne wesentlichen Nachtheil verändern. 3135

Dzondi[1]) giebt an, daß der hintere Gaumenvorhang bei dem Singen in die Höhe geht, sich schief stellt und sich etwas den Choanen nähert. Die Spitze des Zäpfchens berühre dann die hintere Wand des Schlundkopfes. Die emporgetriebene Luft müßte unter diesen Verhältnissen zum größten Theile zur Mundhöhle austreten. Man wird hierbei vorzugsweise

[1]) K. H. Dzondi, die Functionen des weichen Gaumens bei dem Athmen, Sprechen, Singen, Schlingen, Erbrechen u. s. w. Halle, 1831. 4. S. 32 — 34.

Gaumentöne zu Stande bringen. Entfernt sich dagegen das Gaumensegel von der hintern Nasenwand und hebt sich die Zungenwurzel, so muß eine nicht unbedeutende Menge Luft nach dem Nasenrohre gestoßen werden. Man hat dann eher Nasentöne zu erwarten.

3136 Ließ ich eine gute Sängerin, deren Stimme von a bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ und selbst von g bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ reichte, die Skalenreihe bei offenem Munde durchsingen, so begaben sich die Mandeln und die hinteren Gaumenbogen deutlich nach innen. Die vorderen hatten sich nur wenig verschmälert. Das Zäpfchen richtete sich bei allen Noten eher nach vorn, nie aber nach hinten. Es blieb bei allen Brust- und Halstönen ziemlich steif und nach vorn gestreckt. Begannen hingegen die Kopftöne, so verkürzte es sich auffallend der Länge nach. Sein unteres abgerundetes Ende erhielt zugleich eine tiefe Längsfurche. Diese Erscheinung fing mit $\overline{\overline{d}}$ bis $\overline{\overline{e}}$ an und verstärkte sich allmählig in dem Grade, daß man das Zäpfchen gar nicht mehr als gesonderten Theil bei $\overline{\overline{a}}$, $\overline{\overline{h}}$, $\overline{\overline{c}}$ erkannte, sondern es nur als eine zweilippige Unebenheit des weichen Gaumens wahrzunehmen vermochte. Der Zwischenraum dagegen, der die Innenränder der Gaumenbogen von den Seitenrändern des Zäpfchens trennte, verschmälerte sich schon, so wie der Gesang von den tiefsten Brusttönen zur Fistelstimme emporstieg. Er war endlich bei den hohen Kopftönen gänzlich verschwunden.

3137 Wurde während des Singens tief eingeathmet, so schoß das Zäpfchen pfeilartig vor, um sich während der späteren Ausathmungsstöße, welche die Töne erzeugten, von Neuem zu verkürzen.

3138 Trillerte die Sängerin bei weit geöffnetem Munde, so konnte man in der Regel keine Schwingungen des Zäpfchens beobachten. Es verhielt sich, wie es schien, um so ruhiger, je mehr es bei den höheren Fisteltönen emporgezogen war. Die deutlichsten Schwankungen kamen noch bei dem Trillern in $\overline{d}$ oder $\overline{e}$ zum Vorschein. Ließ ich dagegen den Versuch mit halbgeöffnetem Munde wiederholen, so bemerkte ich noch das Zittern des weichen Gaumens bei den höheren Tönen. Die Sängerin selbst fühlte die Erschütterungen ebenfalls. Sie erreichten jedoch nie den Grad von Stärke, den sie in einzelnen Menschen bei den heftigen Ausathmungsstößen des Lachens darzubieten pflegen (Bd. I. §. 1269.).

3139 Die Zunge hob sich in ihrem hinteren Theile. Sie blieb an den Seiten aufgewulstet oder plattete sich auch hier gleichförmiger ab. Sie höhlte sich aber immer in der Mitte aus, so daß der durch den Mund ausgestoßene Luftstrom, wie auf einer Rinne dahin gleitete. Ihr vorderes Ende senkte sich indeß hinab. Sie bewahrte häufig ihre Ruhe bei dem Trillern. Es kam jedoch auch vor, daß einzelne Stellen leise zitterten.

3140 Die Zunge und das Zäpfchen änderten sich meistentheils symmetrisch in den verschiedenen Gesangsweisen. Das Zäpfchen wandte sich jedoch auch hin und wieder nach der rechten und noch häufiger nach der linken Seite. Die Zungenwurzel höhlte sich bisweilen links aus, während sie sich rechts aufwulstete.

Die Zähne können einen gewissen Einfluß auf den Gesang ausüben. 3141
Entstehen größere Lücken in den Vorderreihen derselben, so macht die hier hindurch zischende Luft die Töne nicht selten unreiner.

Krankhafte Verhältnisse der Mundrachengebilde stören den Klang der Töne. Die übermäßige Vergrößerung der Mandeln, Verletzungen des weichen oder des harten Gaumens, Geschwülste der Zunge oder des Zahnfleisches nehmen ihnen häufig ihre natürliche Reinheit (§. 3120.). Man müßte aber den bisherigen Forschungen nach annehmen, daß Veränderungen, welche jene Gebilde betreffen, die Tonhöhe nicht berühren. Die Erfahrung widerspricht jedoch angeblich diesem Schlusse. Ließen sich Sänger einen Theil ihrer übermäßig vergrößerten Mandeln abtragen, so änderte sich bisweilen der Umfang ihrer Stimme. Halten wir uns an die Mittheilungen von Bennati[1]), so gewann hierdurch Fedrigotti zwei Brusttöne, die klarer und runder wurden, verlor aber dafür vier Halstöne. Ein anderer Sänger hatte fünf Noten des zweiten Registers mehr erhalten. Es wäre möglich, daß der Gewinn nur darauf beruhte, daß die scheinbar neuen Töne reiner und musikalischer hervorgebracht werden konnten.

Sänger und Sängerinnen, deren Stimmen einen sehr großen Umfang in reinen und hohen Tönen haben, besitzen nach Bennati[2]) größere und beweglichere Mundrachengebilde, als Künstler mit zwar ausgezeichneten, aber beschränkteren Stimmen. Die Zunge erreicht nach jenem Forscher[3]) einen sehr hohen Grad von Ausbildung in Personen, die, wie Lablache oder die Catalani, die tiefen Töne mit vorzüglicher Gewandtheit beherrschen. Sie besaß eine so bedeutende Länge bei Santini, daß ihre vollkommen vorgestreckte Spitze den äußersten Theil des Kinnes berührte. Wurden sehr hohe Töne erzeugt, so krümmte sie sich hakenförmig um.

Bringen wir reine Gaumentöne hervor, so geht alle Luft oder we- 3142
nigstens der größte Theil derselben zur Mundhöhle heraus. Das Nasenrohr läßt nur bisweilen eine geringe Menge, und zwar am Leichtesten, wie es scheint, bei höheren Tönen durchtreten. Es verstärkt aber den Klang und macht ihn zugleich angenehmer.

Verengern wir dagegen den Ausgang der Nasenhöhle, indem wir die 3143
Nasenflügel zusammendrücken, beschränken die Innengebilde jenen Durchgangsraum oder weisen naturwidrige Oeffnungen unzweckmäßige Bahnen dem Luftstrome an (§. 3120.), so erhalten wir den eigenthümlichen Klang des Nasentones, der jedoch bedeutende Verschiedenheiten in seinen untergeordneten Verhältnissen darzubieten vermag. Wir können ihn auch ohne weitere Vorbereitung erzeugen, wenn wir die Resonanz der Nasenhöhle auf Kosten des Widerhalles der Mundhöhle begünstigen. Der weiche Gaumen verengt dann den Rachendurchgang in hohem Grade. Die Zungenwurzel wölbt sich so stark, daß sie den Gaumenvorhang berührt. Es wird auf diese Weise dem Luftstrome sein Weg durch die Choanen angewiesen. Die Nase zieht sich nicht selten gleichzeitig in die Höhe, damit sich die Nasenlöcher so sehr als möglich erweitern.

Vergleich der Stimmwerkzeuge mit musikalischen In- 3144
strumenten. — Der Ton der verschiedenen Instrumente geht ursprünglich von festen Körpern, von Luftsäulen oder von beiden zugleich aus. Die Glocken, die mannigfachen Arten der Glasharmonica, die Saiteninstrumente, wie die Violine, das Violoncell, die Baßgeige, das Clavier,

[1]) Bennati, in den Annales des sciences naturelles. Tome XXIII. Paris, 1831. 8. pag. 50 — 52.
[2]) Bennati, Ebendaselbst. p. 44. 45.
[3]) Bennati, Ebendaselbst. pag. 39.

liefern uns Beispiele des ersteren Falles. Der zweite tritt in den Flöten hervor. Der dritte endlich drückt sich in den Zungenwerken der Orgel, dem Fagot, der Hoboe und zum Theil der Clarinette am Reinsten aus. Das Horn, die Trompete und die Posaune nähern sich ihm in sofern, als in ihnen wahrscheinlich die Schwingungen der Lippen die Rolle, welche sonst die Zungenblätter übernehmen, so sehr es nöthig ist, ersetzen.

3145 Die einzelnen Schriftsteller haben die Stimmwerkzeuge bald mit Flöten, bald mit Saiteninstrumenten, bald endlich mit Zungenwerken verglichen. Die Vielseitigkeit des menschlichen Gesangorganes, die Annahme, daß sich die Natur nicht auf eine einseitige Richtung in einem der vollkommensten Werkzeuge des Körpers beschränken werde, führte auch häufig auf den Gedanken, daß der Stimmapparat einem Saiteninstrumente, einem Rohrwerke und einer Zungenpfeife nach Verschiedenheit der Verhältnisse entsprechen kann.

3146 Berücksichtigen wir, daß die Schwingungen der Stimmbänder die wesentlichste Rolle in jedem Falle übernehmen, so können wir kaum bezweifeln, daß das menschliche Stimmorgan als ein Zungenwerk anzusehen ist. Soll der Vergleich mit einem Saiteninstrumente irgend eine Grundlage haben, so kann er sich nur auf den Fall, in dem die Innenränder der stark gespannten Stimmbänder bei hohen Tönen gesondert schwingen, beziehen (§. 3099.). Der Vergleich ist aber auch hier unhaltbar, weil gedeckte elastische Zungen die gleiche Erscheinung darbieten und die Schwingungsweise selbst an die der Saiten erinnert, nicht aber mit ihr völlig übereinstimmt. Keine Thatsache begründet endlich eine wesentliche Aehnlichkeit mit den einfachen Flötenwerken (§. 3107.).

3147 Halten wir aber auch den Vergleich mit den Zungenwerken fest, so dürfen wir nicht die Stimmorgane mit Instrumenten, die, wie die Orgelpfeifen, feste Zungen haben, zusammenstellen. Die Stöße kommen hier dadurch zu Stande, daß die Zunge die Oeffnung abwechselnd schließt und frei läßt. Die meisten unserer Stimmtöne dagegen werden bei offener Stimmritze hervorgebracht. Dieser Umstand kehrt aber nur in der gleichen Ausdehnung in künstlichen Zungen, die elastische Blätter besitzen, wieder. Dreierlei Verhältnisse, die Spannung, die Dämpfung im musikalischen Sinne oder die Möglichkeit der Schwingung aliquoter Stücke und die Stärke des Windes, können die Töne in beiden Vorrichtungen erhöhen.

3148 Da das Windrohr, der Zungenkasten mit seinen Nebentheilen und die Ansatzröhren aus elastischen und durchfeuchteten Geweben bestehen und zum Theil von den sie beherrschenden Muskeln vergrößert und verkleinert werden können, so hat das Stimmorgan viele Vorzüge und einen Grad von Vielseitigkeit, den keines unserer Instrumente je erreichen wird. Der Gewinn kommt der Höhe und der Stärke, vorzüglich aber dem Klange zu Statten. Es ist in dieser Hinsicht fast unmöglich, irgend sichere Vergleiche mit unseren musikalischen Werkzeugen anzustellen.

Ferrein [1]), der zuerst die Töne der künstlich angespannten Stimmbänder genauer untersuchte und den Einfluß der Spannung kennen lehrte, verglich jene Zungen mit Sai-

[1]) Ferrein, Histoire de l'Académie des sciences. Année 1751. Paris, 1754. 4. p. 417.

ten und sah in den Stimmwerkzeugen eine Verbindung eines Saiten- und eines Blasinstrumentes, wie es bisher noch nicht verfertigt worden ist. So sehr sich nun auch diese Ansicht von der Wahrheit entfernt, so findet man doch bei genauerer Betrachtung, daß sich jener Forscher dem richtigen Standpunkte, so weit es zu seiner Zeit möglich war, genähert hat. Denn er leitet im Grunde die Tonbildung von den Schwingungen der Stimmbänder und den gleichzeitigen Stößen der Luftsäule her [1]). Chladni [2]) schrieb später die Tönung der Reibung der Luft bei ihrem Durchgange durch die Stimmritze und den dadurch erzeugten Wellenbewegungen der Stimmbänder zu und verglich später das Ganze geradezu mit einem Zungenwerke. Diese Ansicht mußte sich auch immer allgemeiner verbreiten, je genauer man die Gesetze der Akustik zur Erforschung der Stimmbildung benutzte und die Versuche mit elastischen Zungenblättern vervielfältigte. Kempelen, Gottfr. Weber, Biot, Magendie, Malgaigne, Cagniard-Latour, R. Willis, Lehfeldt, Joh. Müller und Liskowius bekannten sich daher auch zu jener Meinung. Ein Umstand drängte sie jedoch für einige Zeit in den Hintergrund. Einzelne Forscher nahmen nämlich die alte von Fabricius ab Aquapendente geäußerte Vorstellung an, daß die Tonhöhe nur von der Größe der Stimmritze, nicht aber von der Spannung der Stimmbänder abhängt. Die Glottis müsse immer bei hohen Tönen verschmälert und bei tiefen erweitert sein. Da diese Behauptung die wesentlichste Grundlage vieler früherer Vergleiche mit Flötenwerken bildete, so fiel auch die Parallele, so wie die Thatsache selbst in ihrer Unrichtigkeit nachgewiesen wurde. Vergl. auch §. 3096. Ueber die unpassende Zusammenstellung der Stimmtöne mit den Tönungen angeblasener Flaschen s. Liskowius, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. 58. Leipzig, 1843. 8. S. 100 — 105.

Schreien. — Da hier immer der Wind ungewöhnlich verstärkt 3149
wird, so muß schon das Schreien die Bildung hoher Töne begünstigen (§. 3100.). Gesellt sich nun noch eine bedeutende Spannung der Stimmbänder hinzu, bleibt die Stimmritze in einer nur geringen Ausdehnung geöffnet, so daß eine Dämpfung in dem Sinne der Musiker zu Stande kommt (§. 3147.), so wird die Tönung die größte ihr mögliche Höhe erreichen. Wir finden daher auch, daß Menschen, die operirt werden, und vorzüglich Frauen während der schmerzhaftesten Zeit des Gebärens so feine Töne, wie sie kaum künstlich an den todten Stimmbändern erzeugt werden können, hervorbringen (§. 3092.). Der Krampf der Kehlkopfmuskeln, die hierdurch bedingte übermäßige Anspannung der Stimmbänder und Verkleinerung der Stimmritze, die wir nicht selten bei dem Schluchzen, dem Keuchhusten und vorzüglich in dem Millar'schen Asthma antreffen, können ähnliche Folgen nach sich ziehen.

Pfeifen. — Wir verwandeln hier die Mundspalte in eine kleine, 3150
meist rundliche Oeffnung, drücken den vorderen oder den mittleren Theil der Zunge an den weichen Gaumen, lassen aber in der Mitte der Länge nach eine Rinne übrig, die sich vermöge des harten Gaumens in einen vollständigen Canal verwandelt und den Ausgangsweg für die Luft abgiebt. Die Zunge wird nach Kempelen [3]) um so mehr, je tiefer der Ton ausfallen soll, zurückgezogen.

Man kennt noch nicht hinreichend die Mechanik dieser Art von Ton- 3151
bildung. Die Lippen schwingen hierbei nicht zungenartig. Viele Forscher

---

[1]) Ferrein, Ebendaselbst. p. 52. u. p. 416.
[2]) Chladni, in Gilbert's Annalen der Physik und physikalischen Chemie. Bd. XVI. Seite 188.
[3]) W. v. Kempelen, a. a. O. S. 142.

ſehen die Reibung, welche die Luft an den Wänden der engen Durchgangsöffnung erleidet, für das Weſentliche an. Dieſe Erſchütterung zwingt dann auch die dahinter liegende Luftſäule, in entſprechende Schwingungen zu verfallen. Savart verglich das Ganze mit den Tönen der Lockpfeifen, deren ſich die Jäger bedienen, um die Vogelſtimmen nachzuahmen. Die Stöße entſtehen aber hier dadurch, daß ſich die Luft abwechſelnd verdünnt und zu der Dichtigkeit der umgebenden Atmoſphäre zurückkehrt [1]) — eine Bedingung, die ſich bei dem Pfeifen des Menſchen kaum vorausſetzen läßt. Die bekannte Erfahrung, daß man auch pfeifen könne, wenn man den Ausathmungsſtrom durch eine enge, z. B. zwiſchen zwei Fingern übrig bleibende Spalte mit bedeutender Geſchwindigkeit treibt, ſcheint anzudeuten, daß ſchon der bloße erſchwerte Durchgang des kräftig vorwärts getriebenen Gaſes die zur Tönung nöthigen Stöße zu erzeugen vermag.

3152 Ziſchen, Schnalzen, Zähneklappern. — Wollen wir Ziſchlaute hervorbringen, ſo drücken wir den Vordertheil der Zunge an den harten Gaumen, laſſen hinten einen größeren Raum offen und treiben nun die Luft zu der vorderen engen Spalte heraus. Die Zähne und die Lippen entfernen ſich hierbei von einander nur in mäßigem Grade. Die Reibung, die an der engen Durchgangsöffnung zu Stande kommt, bedingt den ziſchenden Klang. Das Schnalzen entſteht dadurch, daß der an den harten Gaumen flach angelegte Vordertheil der Zunge plötzlich und raſch nach dem Boden der Mundhöhle geworfen wird. Der gegenſeitige Stoß der oberen und der unteren Zahnreihe verurſacht endlich das Zähneklappern.

Die Mechanik des Gähnens, des Schluchzens, des Gurgelns, des Lachens und Weinens, des Räuſperns, des Schnäuzens, des Huſtens und der ſie begleitenden Laute iſt ſchon Bd. I. §. 1262. bis 1277. angegeben worden.

3. Sprache.

3153 Die Vortheile, die der Menſch ſeiner höheren geiſtigen Entwickelung verdankt, drücken ſich nur in wenigen Thätigkeiten mit ſolcher Schärfe, als in ſeinem Sprachvermögen aus. Viele Thiere beſitzen einen gleich vollkommenen Kehlkopf, wie wir. Dieſelbe Zahl von Muskeln beherrſcht oft ihre Stimmbänder. Die Zunge erfreut ſich meiſt eines hohen Grades von Beweglichkeit und ein mit einem ausgebildeteren Zäpfchen verſehener weicher Gaumen kommt wenigſtens in den Affen hinzu. Wir vermiſſen deſſenungeachtet in ihnen die Fähigkeit, die Empfindungen auf die vielſeitigſte Weiſe gleichartigen Geſchöpfen durch wechſelnde Laute mitzutheilen und einen fortlaufenden Gedankengang in Worten wiederzugeben. Ständen nur die geiſtige Grundlage zu Gebote, ſo würden die Thiere die Mus-

[1]) Vergl. Pouillet-Müller, a. a. O. Bd. II. S. 69. Joh Müller, Physiologie. Bd. II. S. 220. 221. Siehe auch über die Verhältniſſe der Lockpfeifen Liskowius, a. a. O. S. 94 — 104.

keln ihrer Stimmwerkzeuge eben so gut, wie das Kind, gebrauchen lernen. Der Instinkt vollführt oft Thätigkeiten, die der berechnende Sinn des Menschen in gleicher Vollkommenheit kaum zu Stande bringen könnte. Manche Geschöpfe, die tief unter uns stehen, beschämen uns durch ihren Muth, ihre Schlauheit, ihre Berechnung. Die Worte dagegen, die noch der Blödsinnige herzulallen vermag, erheben ihn über den vollkommensten Affen, dessen Bau in so hohem Grade an den des menschlichen Körpers erinnert.

Wie die Sprache von dem Geiste abhängt, so drückt sie auch die 3154
Stufe, die das Denken erreicht hat, am Deutlichsten aus. Der beschränkte Gesichtskreis kindlicher Völker schafft nur wenige und einförmige Wörter. Vergrößert aber auch die Erweiterung des Denkgebietes die Zahl der Benennungen, so hängt doch der Reichthum des Sprachschatzes eines Volkes mit der Bedächtigkeit und Gründlichkeit seiner Geistesrichtung innig zusammen. Die Zartheit der Unterscheidungen wächst mit ihr in gleichem Verhältnisse. Synonyme, die in leisen Abstufungen wechselseitig übergehen, verrathen so die Feinheit des Geistes, die Ruhe, mit der die untergeordneten Verhältnisse zersplittert und dem Bewußtsein vorgeführt werden. Völker, die den größten Theil ihrer Thätigkeit dem Gebiete des Gedankens geweiht haben, erreichen hier die höchste Vollkommenheit. Die Gefahr, bloße Ideenspiele den wesentlicheren Erscheinungen der Wirklichkeit zu opfern, droht ihnen aber auch am Meisten.

Die Klarheit der Begriffe giebt sich in der Bestimmtheit der Aus- 3155
drücke und der einfachen Verkettung der Sätze wieder. Es bedarf hierzu keiner verhältnißmäßig reichen Sprache. Die Art der Geistesrichtung, eine scharfe Auffassung, ein gründeter und natürlicher Ideengang können schon allein diesen wesentlichen Vortheil darbieten.

Drücken sich aber auch jene Vorzüge in dem todten, geschriebenen 3156
Worte aus, so bildet die lebendige Rede einen noch naturgetreueren Spiegel der Regungen, die den Geist des Menschen erfassen. Die Melodie des Klanges, die Stärke oder Schwäche der Laute, der Nachdruck, der den einzelnen Worten in ungleichem Maaße verliehen wird, die Höhe oder Tiefe der Töne, der Antheil, der gleichsam dem Gesange bei dem Sprechen gestattet ist, erzeugen hier eine unendliche Reihe bewußter oder unbewußter Veränderungen, die bald den kalten Verstand fesseln, bald dagegen die Phantasie ungestüm fortreißen. Die Gewalt dieser Nebenbedingungen kann daher auch den Gedankenreichthum, die Ruhe der Prüfung, die Schärfe der Zergliederung in dem Zuhörer in den Hintergrund drängen. Die gesprochene Rede verhält sich zu dem geschriebenen Worte, wie eine Begebenheit, die wir selbst durchlebt, zu einem Vorgange, den wir nur durch die Erzählung Anderer vernommen haben.

Die physiologische Forschung hat drei verschiedene Aufgaben zu be- 3157
rücksichtigen. Sollen die einzelnen Laute hervorgebracht werden, so muß die Stellung der über den Stimmbändern gelegenen Theile auf das Mannigfachste wechseln. Manche von ihnen setzen eine gewisse, sich gleich bleibende Lage der Lippen, der Zunge oder des weichen Gaumens voraus.

Andere fodern, daß einzelne dieser Theile ihren Ort während der Aussprache des Buchstabens verändern. Noch andere nehmen endlich eine vorhandene Resonanz des Nasenrohrs in Anspruch. Die Bedingungen aber, die jeder Laut nöthig hat, können innerhalb gewisser und nicht selten ziemlich breiter Grenzen schwanken. Die Physiologie muß daher zunächst die allgemeine Mechanik der Buchstaben anzugeben suchen.

3158 Vergleicht man die einzelnen Sprachen, so findet man, daß diese Verhältnisse in nicht unbedeutendem Grade wechseln. Die Labilität der Sprachwerkzeuge macht hier eine unendliche Reihe von Veränderungen möglich. Der Nachweis, wie ein Wurzelwort in eine andere Sprache auf dem Wege des Umlautes übergegangen, gehört der Philologie. Der physiologische Gesichtspunkt dagegen, unter dem diese Erscheinung aufgefaßt werden muß, sollte dem Naturforscher anheimfallen. Die bisherigen Untersuchungen haben aber gerade hier eines der bemerkenswerthesten Glieder der Sprachstudien auf stiefmütterliche Weise behandelt.

3159 Wie jede Race ihren bestimmten Gesichtsausdruck, jeder Mensch eine gewisse Körperhaltung als bezeichnendes Merkmahl besitzt, so zeichnet sich auch jede Sprache und selbst jeder Dialekt durch eine eigenthümliche Gebrauchsweise der Stimmwerkzeuge aus. Der Uebergang der Laute beruht auf keinem Zufalle. Wir werden in der Folge sehen, daß gleichsam jede Sprache einen Theil ihrer Stimmwerkzeuge mit Vorliebe benutzt. Der häufigere Gebrauch der Kehltöne, der Zischlaute, der Nasentöne ändert die Aussprache vieler Buchstaben, die selbst nicht nothwendiger Weise die begünstigten Gebilde der Redewerkzeuge ausschließlich in Anspruch nehmen. Jeder Dialekt hat so gewissermaßen eine eigenthümliche Physiognomie der Sprachorgane. Wie sich der allgemeine Gesichtsausdruck eines Menschen trotz der Verschiedenheit des Mienenspiels verräth, so geht auch jener Grundcharakter durch alle Laute einer Sprache sichtlich hindurch.

3160 Die dritte Aufgabe der physiologischen Sprachforschung besteht endlich darin, die akustischen Vorgänge, von denen die Vocale und die Consonanten abhängen, zu erläutern. Dieser Theil der Untersuchung befindet sich noch auf der Stufe seiner Kindheit. Man hat meist nur die einzelnen Sprachlaute durch berechnete Nachahmung der Verhältnisse der natürlichen Sprechwerkzeuge künstlich hervorgebracht. Nehmen wir die Vocale aus, so fehlen noch alle Bemühungen, die inneren Vorgänge, von denen die Erzeugung der einzelnen Buchstaben abhängt, auf eine dem gegenwärtigen Stande der Physik genügende Weise zu ergründen.

3161 Vocale. — Die Stimmritze und die Rachenhöhle genügen schon, um die einzelnen Vocale zu erzeugen. Das a, welches auch das Kind zuerst erlernt, fodert die geringste, das i dagegen verhältnißmäßig die größte Mühe. Sollen die Vocale kurz und lautlos ausgesprochen werden, so können hierbei die Mundtheile jede beliebige Stellung einnehmen. Schließen wir auch die Lippen, bringen wir die Zähne an einander und drücken die Zunge an den harten Gaumen, so sind wir doch immer noch im Stande, die fünf Hauptvocale so anzugeben, daß wir subjectiv ihre Unterschiede mit Sicherheit bemerken. Aendern wir die Lage der Mund-

gebilde, so wie wir jene Laute vernehmlich aussprechen, so kann sich dieses nur auf die Nebenbedingungen der Stärke, des Klanges und des langen Aushaltens des Tones beziehen. Der Wechsel, den wir hierbei einleiten, schwankt daher auch in nicht unbedeutenden Grenzen. Die Bemerkungen, die wir zunächst mittheilen, beziehen sich vor Allem auf das Hochdeutsche und das längere Aushalten der Vocallaute.

Das a fodert eine verhältnißmäßig weite Oeffnung der Mundspalte 3162
und der Zahnreihen. Wir entfernen zugleich die ganze Zunge oder wenigstens den Vordertheil derselben von dem harten Gaumen, um auch den Mundcanal zu vergrößern. Das Gaumensegel und das Zäpfchen ziehen sich mehr oder minder in die Höhe. Obgleich die Choanen nicht verschlossen sind, so übt doch im Ganzen das Nasenrohr einen nur untergeordneten Einfluß aus. Das als Gaumenton ausgesprochene a kann selbst bei zugehaltenen Nasenlöchern seine Reinheit bewahren. Es versteht sich aber von selbst, daß diese Bedingung die absichtliche näselnde Haltung des Vocallautes zu verstärken im Stande ist.

Die gegenseitige Entfernung der Lippen und der Zähne kann bei der 3163
Aussprache des e eben so groß oder etwas kleiner, als bei der des a ausfallen. Der Umfang des Mundcanales scheint hingegen hier eine wesentlichere Bedeutung zu haben. Wollen wir das e laut aussprechen, so können wir den Mund beliebig öffnen. Die Zunge muß aber immer dem harten Gaumen genähert werden. Wird sie künstlich niedergedrückt, so verwandelt sich der laut angegebene Vocal in ä. Das Gaumensegel und das Zäpfchen heben sich ebenfalls in die Höhe. Das letztere scheint sich bisweilen weniger stark aufzurichten und minder schief nach vorn zu stellen, als bei der Angabe des a.

Das i fodert immer eine gewisse Enge des Mundrohres. Oeffnen 3164
wir die Mundspalte so sehr als möglich und drücken die Zunge nieder, so geht sogleich der Laut in ein unreines oder lallendes e, ä oder a über. Bleibt eine nur kleine Spalte zwischen den Lippen und den Zähnen übrig, so hebt sich die Zunge vorzugsweise an den Seitenrändern und lehnt sich mit ihrer Spitze an die unteren Schneidezähne. Hat aber die Mundspalte eine größere Weite, als die Aussprache des i zu verlangen pflegt, erreicht, so sucht die Zunge den Nachtheil zu beseitigen, indem sie sich in ihrer Mitte bauchig emporhebt, sich von vorn nach hinten wölbt und in bedeutendem Grade der Länge nach verkürzt. Es ist mir aber nicht gelungen, die Veränderungen, die der weiche Gaumen unter diesen Verhältnissen erleidet, zu verfolgen.

Das o kann zwar bei allen Oeffnungsgraden der Mundspalte lautirt 3165
werden. Es geht aber, je mehr sich diese vergrößert, um so eher in a über. Es wird um so leichter zu u, je mehr sie sich verkleinert und je weiter sich vorzüglich die Lippen röhrenartig vorstrecken. Diese schieben sich übrigens schon häufig bei der Aussprache des o in geringem Grade nach vorn. Die Zunge wird nach ihrer Spitze hin niedergedrückt, hinten dagegen gewölbt. Flacht man sie im Ganzen ab, so geht leicht der Laut

in e oder ä über. Der weiche Gaumen tritt in die Höhe und weicht eher nach vorn, als nach hinten aus.

3166 Versuchen wir das u mit möglichst weit geöffnetem Munde auszusprechen, so klingt zwar immer noch der Grundlaut mehr oder minder deutlich durch. Wir erhalten aber immer eine stärkere oder schwächere, störende Nebentönung des a oder o. Wollen wir das u vollkommen rein hervorbringen, so strecken wir die Lippen röhrenartig vor, verkleinern hierdurch die Mundöffnung zu einer niedrigen Spalte und lassen bisweilen selbst die Lippenränder mitschwingen, um die Resonanz zu verstärken. Die Zunge zieht sich zurück. Sie wölbt sich hinten und fällt nach vorn ab. Ist der Mund so weit geöffnet, daß man die Gebilde der Rachenenge überblicken kann, so bemerkt man, daß sich der weiche Gaumen und das Zäpfchen nach oben und zum Theil nach hinten begeben, daß aber gleichzeitig die Gaumenbogen in geringem Maaße nach innen rücken.

3167 Die einzelnen Vocale sondern sich nicht so scharf, als ihre Buchstabenzeichen anzudeuten scheinen. a, i und u bilden eher getrennte Laute. Sie kehren auch in allen Sprachen mehr oder minder rein wieder. e und o dagegen nähern sich schon den Uebergangslauten in höherem Grade.

3168 Eine unendliche Reihe von Vocaltönen liegt zwischen den verschiedenen Hauptvocalen. Die Grammatiker führen viele derselben als Doppellauter oder Diphthonge auf. Betrachtet man jedoch die Verhältnisse von physiologischem Gesichtspunkte, so findet man, daß man es hier meist mit Uebergangstönen, wie ä, ö, ü, eu u. dgl., zu thun hat. Es ist akustisch unmöglich, zwei Vocale vollkommen gleichzeitig hervorzubringen. Will man daher den Ausdruck Doppellauter überhaupt beibehalten, so kann er nur auf die Fälle, in denen zwei Vocale, wie in voi, oui, pfui, möglichst rasch folgen, angewendet werden.

3169 Die verschiedenen Sprachen und Dialekte benutzen die Mannigfaltigkeit, deren die Aussprache der Vocallaute fähig, auf die ausgedehnteste Weise. Das deutsche ä, das französische ai liegt so z. B. zwischen a und e, das dänische aa, das schwedische å, das österreichische und zum Theil das englische a, das französische au zwischen a und o, das schweizerische ô und das französische o in dem Worte eau zwischen o und u. Das deutsche ö, das französische eu, das deutsche ü und y, das hochdeutsche ei und das schweizerische ei (wie aei) u. dgl. gehören ebenfalls zu diesen Uebergangslauten.

3170 Die Vocalzeichen wechseln auch häufig mit der Verschiedenheit der Sprachen. Ein Grundlaut, den die eine einfacher mit einem Buchstaben ausdrückt, wird in einer anderen durch zwei angedeutet. Die Franzosen haben z. B. auf diese Weise ou, die Holländer oe und die Engländer oo für unser deutsches u.

3171 Die Länge oder Kürze, mit der ein Vocal ausgesprochen, der Nachdruck, mit dem er betont wird, kann den Laut selbst umändern. Die Art, wie man im Deutschen die beiden a in Adam, die beiden e in Esel ausspricht, vermag schon darzuthun, wie hier die Beschaffenheit der Vocallaute von der abgemessenen Dauer und Stärke ihrer Betonung abhängt.

Dieser Einfluß, der in allen Sprachen wiederkehrt, drückt sich oft genug in dem Gesangvortrage mit vieler Schärfe aus [1]).

Zieht sich ein Wurzelwort durch mehrere Sprachen hindurch, so wechseln häufig die Vocale in angemessenen Mitteltönen. Das a wird z. B. zu e, ei und o und umgekehrt, wie in dem griechischen ὀκτω, dem lateinischen octo, dem dänischen otte, dem schwedischen ätta, dem englischen eight, dem angelsächsischen ähta und dem hochdeutschen acht. Andere Veränderungen kehren ebenfalls häufig wieder. Asellus erinnert z. B. an Esel, καμάρα und camera an Kammer, Dach an tectum, ventus an Wind, ἄνεμος an animus, errare an irren, schreiben an scribere, auris an Ohr, velle an wollen, longus an lang, probus an brav, non an nein und murus an Mauer. Das angelsächsische Ganian, das hochdeutsche Gähnen, das schweizerische Gyhne, das schwedische gina und das italienische Ghignare geben uns eine a, e und i und Nacht, nox und νύξ eine a, o und ü umfassende Skalenreihe. Alle fünf Hauptlaute können sich endlich hierbei mehr oder minder ablösen. Das deutsche Lachen, das englische Laugh, das lateinische Lix, das schwedische Log und das wendische Luza sind im Stande, diese Vollständigkeit wenigstens theilweise zu erreichen.

Die Natur der Aussprache bedingt es bisweilen, daß Vocale oder Consonanten bei solchen Veränderungen eingeschaltet, hinweggelassen oder umgetauscht werden. Οἶνος geht z. B. auf diese Weise in Vinum und Wein, λεῖος in levis über. Heute entspricht hodie, Florenz Firenze, curtus kurz, während umgekehrt ὕπνος somnus gleicht.

Ueber solche Uebergänge in den verschiedenen Sprachen s. z. B. Boekh, in Daub und Kreuzer's Studien. Bd. IV. Heidelberg, 1801. 8. S. 376 ffg. L. Doederlein, Die lateinische Wortbildung. Leipzig, 1839. 8. R. Klotz, Handbuch der lateinischen Litteraturgeschichte nach den Quellen bearbeitet. Th. I. Leipzig, 1846. 8. S. 190 — 208. Jan Purkine, Badania w przedmioce Fizyologii Mowy Ludziéj. Kraków, 1836. 8. und F. Bopp, Vergleichende Grammatik des Sanskrit, Zend, Griechischen, Lateinischen, Litthauischen, Gothischen und Deutschen. Bd. I. Berlin, 1833. 4.

Die Vocale bilden gleichsam die Stützen, an die sich die Consonanten 3172
anlehnen. Wir können keinen von diesen laut und anhaltend aussprechen, ohne daß ein Vocal vor- oder nachklingt. Folgen mehrere Consonanten auf einander oder bricht nicht sogleich der Ton an einem Mitlauter ab, so schleicht sich sogleich ein stummer Vocal und vorzüglich ein rasches e ein. Die slavischen Sprachen, die häufig ihre Silben mit einer Reihe von Consonanten beginnen oder schließen, führen schon oft von selbst zu solchen Ergänzungen, ohne daß besondere Zeichen diesen Zusatz andeuten. Das hebräische Schwa bildet in dieser Hinsicht ein vollkommeneres Erkennungsmittel. Es theilt zunächst die Silben ab und belehrt uns z. B., daß Jisrael (יִשְׂרָאֵל) nicht Ji-sraël, sondern Jis-rael ausgesprochen werden soll. Da sich dieses am Ende des Wortes von selbst versteht, so fehlt es in dem Worte Lachem (לָכֶם) und kehrt dafür in Schiwah (שִׁבְעָה) unter dem Beth wieder. Diese Rücksicht bestimmt es, daß selbst ein Schwa unter das fast lautlose heh in geeigneten Fällen, wie z. B. in Jihjeh (יִהְיֶה) gesetzt wird. Folgen mehrere Consonanten unmittelbar auf einander, so klingt es natürlich wie ein schwaches kurzes e. So z. B. in Wajĕhi (וַיְהִי). Muß endlich der Buchstabe, der ursprunglich ein Schwa hat, länger ausgehalten oder schärfer betont werden, so gewinnt auch jenes eingeschlichene e an Umfang. Das Schwa macht dann geradezu einem

[1]) Vergl. M. Garcia, De l'articulation dans le chant, fragment tiré de la deuxième partie du traité complet sur l'art du chant. Paris, 1847. 8. p. 6 — 8.

e Platz. Wir haben daher statt Wajĕhi (וַיְהִי) Wajēhi (וַיֵּהִי). Soll umgekehrt ein Vocallaut halb verschluckt, gleichsam verstohlen ausgesprochen werden, so wird wieder dasselbe Zeichen, das Schwa furtivum, die Veränderung, wie in Taăssu (תַּעֲשֹׂו), am Einfachsten anzeigen.

3173 Stumme, kaum angedeutete e finden sich häufig in manchen deutschen Dialekten, im Französischen, Englischen, Italienischen und in vielen anderen Sprachen. Fällt eine besondere Betonung auf einen einzelnen Laut, so schaltet sich häufig ein zweiter Vocal ein, damit der Uebergang sanfter oder das Ende des Ausdruckes milder werde. Ich wird auf diese Weise zu Jach, Bub zu Bueb, Mutter zu Muotter in den breiteren allemannischen Dialekten, wab' zu wabi im Slavischen.

3174 Spricht man einzelne Vocale tief in der Kehle aus, so können sie selbst leicht wie Consonanten klingen. Das a erhält auf diese Weise einen schnarrenden Ton und geht dann leicht in R über. Die semitischen Sprachen, die wenigstens zwei Buchstaben, z. B. das hebräische Aleph (א) und Ajin (ע) für das a haben, belegen dieses am Deutlichsten. Adam (אָדָם) lautet einfach wie unser a in aber. Ajin (עַיִן) hat dagegen ein so tiefes Kehl-a, daß es leicht wie Rajin klingt. Der arabische Buchstabe Rajin drückt sogar dieses Verhältniß mit einem sichtlichen Zeichen aus.

3175 Nimmt der tiefe Kehllaut eine andere Wendung, so verwandelt er sich leicht in ch. Die semitischen Sprachen erhärten dieses bisweilen für das a und die slavischen für das halbe i. Der Unterschied, den die Griechen mit ihrem Spiritus lenis und ihrem Spiritus asper bezeichnen, deutet schon an, wie leicht sich ein h mit Verschiedenheit des Anhauches einschleicht.

3176 Da die Vocale abgebrochene Laute bilden, so schiebt sich häufig ein Consonant zwischen sie von selbst ein. Die Schnelligkeit der Rede und eine größere Menge der Silben begünstigt diese Verbesserung. Geier klingt dann fast wie Geijer und voir wird zu voyez (§. 3168.).

Jeder Vocal kann an und für sich rein als Gaumenton und unreiner als Nasenton gegeben werden. Wir ziehen zwar in der Regel die erstere Klangweise als die zierlichere vor. Ist aber ein Vocal mit Consonanten, welche den Wiederhall des Nasenrohres in stärkerem Maaße in Anspruch nehmen, innig verbunden, so wird er gleichsam von dieser Tönungsart fortgerissen. Manche Sprachen, die, wie das Französische, die Nasenlaute begünstigen, verfallen daher nicht selten von selbst in jene unnatürlichere Lautirungsweise der Vocale. Das deutsche Sang und das französische sang, in und un, Ende und endosser, océan und onde können uns dieses am Einfachsten versinnlichen.

Die Versuche, die frühere Forscher an künstlichen Vorrichtungen anstellten, führten auf den Gedanken, daß die Verschiedenheit der Vocallaute nur von der Oeffnungsgröße des Corpusrohres oder der Pfeife eines Zungenwerkes abhängt. Der Einfluß, den der Wechsel dieser Bedingung ausübt, läßt sich schon an jeder Clarinette nachweisen. Kempelen[1]) stellt sogar eine Art von Schema für die Weite der Mundöffnung, die jeder

[1]) Kempelen, a. a. O. S. 215. Taf. X. Fig. 1. 2.

der fünf Hauptvocale fodern sollte, auf. Der Raum, den der Lippencanal einschließt, würde ungefähr nach ihm in umgekehrtem Verhältnisse zu dem des Zungencanales stehen. Jener müßte hiernach mit u, o, e, i, a wachsen und dieser in derselben Reihenfolge abnehmen.

Bedenken wir, daß jeder tiefe brummende Ton eines Saiteninstrumentes oder einer Orgel wie u klingt und sehr hohe Töne nur i angeben, so müssen wir schon schließen, daß die Zahl der Schwingungen einen wesentlichen Einfluß auf die Art des Vocallautes ausüben wird. Die Versuche von Willis [1]) haben diese Folgerung bestättigt und zugleich das Ganze auf wissenschaftlichere Grundlagen zurückgeführt.

Brachte Willis ein trichterförmiges Corpus über einer Zunge an und verkleinerte er allmählig die Ausgangsöffnung, so erzeugten die anhaltenden Töne die Reihe der fünf Hauptvocale. Befand sich eine Ansatzröhre oder eine Pfeife vor der Zunge, so hing es von der Länge dieses Nebenstückes ab, welcher Vocal zum Vorschein kam. Nehmen wir an, man erhielt zuerst i bei einer gewissen Kürze des Corpusstückes, so hörte man i, e, a, o und u mit zunehmender Verlängerung desselben. Dehnte sich das Nebenstück noch weiter aus, so kehrten die fünf Hauptvocale in entgegengesetzter Ordnung, als u, o, a, e, i wieder. Nahm die Verlängerung noch mehr zu, so erhielt man von Neuem i, e, a, o und u. Die Stärke der Laute sank aber mit der Vergrößerung der Länge.

Die Höhe des Tones, der ursprünglich zum Grunde liegt, kann die Zahl der Vocale, die auf diesem Wege erzeugt werden, beschränken. Hatte z. B. die Ansatzröhre eine Länge, bei der noch mittelst einer tieferen Zunge o und u hervorgebracht wurden, so brach eine höhere Zunge die Reihe bei o ab. Sie kehrte dann wieder zu den entgegengesetzten Gliedern zurück. Die Zunahme der Verlängerung bedingte zuerst i, e, a, o, dann o, a, e, i, hierauf wieder i, e, a, o u. s. f. Dieses stimmt insofern mit den Verhältnissen unserer Sprachwerkzeuge, als es uns nicht möglich ist, das u und selbst das o in sehr hohen Tönen mit vollkommener Deutlichkeit anzugeben.

Die oben erwähnten Erscheinungen führen zu dem Schlusse, daß die öftere und hinreichend rasche Wiederholung desselben Tones den Eindruck eines Vocallautes bedingt. Wir müssen aber hierbei zwei Fälle unterscheiden. Wird eine gespannte Saite angeschlagen, so erhalten wir den ursprünglichen einfachen Ton. Die Zahl der Schwingungen, die auf die Secunde kommt, entscheidet unmittelbar, ob ein u oder i mitklingt. Haben wir dagegen eine Zunge, vor der ein Ansatzrohr oder eine Pfeife angebracht ist, so erzeugt jene eine Reihe ursprünglicher und das Nebenrohr eine Skale secundärer und immer schwächer werdender Wellenzüge. Gleiche Zeiträume trennen die beiderseitigen Stöße von einander. Die Größe des Intervalls aber, das sie von einander zeitlich sondert, hängt von der Länge des Ansatzrohres ab. Da die ursprüngliche Anregung die Zahl der Wellenbewegungen feststellt, so wird die Zunge allein die Tonhöhe bestimmen. Die Veränderung, welche die Pfeife bewirkt oder der Einfluß der secundären Impulse geht in dieser Hinsicht verloren. Er macht sich dagegen in dem Vocallaute, den man hört, geltend.

Denken wir uns, wir hätten eine offene Röhre, die ihrer Länge nach $\overline{\overline{g}}$ angeben würde (§. 3054.), so entspricht dieses nach Willis [2]) dem Vocallaute å. Versehen wir sie mit einer Zunge, die 528 Schwingungen in der Secunde macht, so klingt das å in $\overline{c}$, d. h. in demjenigen Tone, welcher der Zahl der mitgetheilten Stöße entspricht (§. 3123.). Setzen wir eine Zunge ein, die 352 Mal in der Secunde erzittert, so bleibt zwar das å, es tönt aber jetzt in f. Es hängt mithin die Tonhöhe von der Zahl der ursprünglichen und der secundären Schwingungen, die Vocalart dagegen von der Tonhöhe, die das Ansatzrohr als offene Pfeife geben würde oder von der Tonhöhe des secundären wiederholten Tones ab.

Befestigen wir eine Uhrfeder an ein Zahnrad, so wird die Höhe des Tones mit der Zahl der Stöße wechseln (§. 3044.). Die Feder selbst schwingt aber hier auch für sich, wie die Luft der Ansatzröhre, die oberhalb einer Zunge angebracht wird. Diese secundäre Veränderung muß mit der Länge der Feder wechseln und zu verschiedenen Vocallauten der eben erläuterten Auffassungsweise gemäß führen. Die Erfahrung bestättigte diese

---

[1]) Robert Willis, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XXIV. Leipzig, 1832. 8. S. 397 — 437.

[2]) Willis, a. a. O. S. 415.

Voraussetzung. Drehte Willis [1]) das Rad gleichförmig um, so behielt der Ton dieselbe Höhe bei. Es hing aber von der Länge des schwingenden Theiles der Feder ab, welche Vocallaute in reineren oder rauheren Tönen zum Vorschein kamen.

3177 **Mitlauter.** — Ihre Bildung richtet sich vorzugsweise nach der Thätigkeit der einzelnen Theile des Mundrachenrohres. Die Consonanten fodern eine gewisse vorbereitende Einstellung, die sich nach Maaßgabe der Verschiedenheit der Laute erhält, ändert oder einer nachfolgenden Entladung Platz macht. Sie können fast nie auf vernehmbare Weise, ohne sich auf einen Vocal zu stützen, ausgesprochen werden. Sollen sie dagegen bloß kurze Geräusche bilden, so fällt nicht nur diese Bedingung hinweg, sondern sie kommen auch meist deutlicher, als die mit geschlossenem Munde angedeuteten Vocale zum Vorschein.

3178 Die Geräusche, die das reine f, s und z andeuten, schließen gewissermaßen schon ein e, das in v und w noch mehr hervortritt, in sich. h und k stützen sich in der Regel auf ein von selbst mittönendes a, v auf ein nebenklingendes a oder e, l, m und n auf ein vorangehendes und b, c, d, g und p auf ein nachfolgendes e, x auf einen Nebenvocal, der dem i am Nächsten steht, und q auf ein halbes a oder u. Das Verfahren, nur die Zischlaute der einzelnen Consonanten bei dem ersten Unterrichte einzuprägen, widerstreitet daher zwar, theoretisch genommen, der Natur der Verhältnisse. Es gewährt aber dessenungeachtet den Vortheil, daß die angenommenen Buchstabennamen zu keinen Irrungen bei dem Anfange des Lesens führen, daß das Kind den bloßen Stoß des k und nicht ka bei der Betrachtung des Buchstabens k angiebt, daß es sogleich kommen und nicht kaommen ausspricht.

Der Wohllaut einer Sprache beruht zu einem großen Theile darauf, daß die Zahl der Vocale möglichst gehäuft, dabei aber auch, so sehr es irgend angeht, an passende Consonanten angelehnt wird. Ist diese zweite Bedingung nicht erfüllt, so fodert die Masse der Selbstlauter eine übermäßige Menge von störenden Absätzen. Zeichnet sich umgekehrt eine Sprache durch zu viele Consonanten aus, so verursachen die fortwährenden Entladungen der Sprachwerkzeuge eine gewisse Härte oder eine störende Anhäufung von verschiedenartigen Windstößen.

Der Dialekt, den ein Mensch von Kindheit auf spricht, erzieht gleichsam die Einstellung der Sprachwerkzeuge. Diese werden hierbei in einseitiger Richtung ausgebildet. Der Mensch behält daher einen gewissen ursprünglichen Accent, so wie er später eine fremde Sprache zu reden versucht. Zweierlei Verhältnisse können aber diesen Uebelstand verringern. Manche Sprachen fodern eine Einstellungsweise, die sich leicht fremden Redeweisen anpaßt. Der Pole oder Russe spricht daher häufig französisch und italienisch sehr gut, das Deutsche dagegen mit einem leicht kenntlichen eigenthümlichen Ausdrucke. Wie aber der kindliche Körper die mannigfachen Bewegungen, die das Spiel der musikalischen Instrumente, das Tanzen und das Turnen fodert, gleichzeitig erlernen kann, so sind auch seine Sprachwerkzeuge im Stande, die vielseitigsten Laute mit derselben Vollkommenheit hervorzubringen. Menschen, die schon in früher Jugend deutsch, französisch und englisch zugleich gelernt haben, erlangen daher die Fertigkeit, diese drei Sprachen mit derselben Feinheit, wie Eingeborene, zu lautiren.

3179 Die Aussprache der Mitlauter hängt vorzugsweise von dreierlei Bedingungen ab. Man unterscheidet auch demgemäß anhaltende (Litterae

---

[1]) Willis, a. a. O. S. 417.

consonantes continuae), Entladungs- (L. c. explosivae) und Nasen-Consonanten (L. c. naso-orales).

Die anhaltenden Laute zerfallen in Hauch-, Rassel- oder Zischlaute. 3180
Der durch den Mund hervorgetriebene Luftstrom erzeugt dann eine bestimmte Tönung vermöge der einmal angenommenen Stellung der einzelnen Gebilde des Durchgangsrohres. Sie kann daher gleich dem Winde, der sie veranlaßt, eine beliebige Zeit fortdauern. c, s, z, sch, ch, j, x, f, v (w), h, l, q, r und zum Theil g stimmen in dieser Eigenschaft überein. Wird aber der Luftstrom zu lange ausgehalten, so verwischt sich leicht der Unterschied des c, s und z, des ch und r, des f und v, des ch, g und j, des h und ch.

Wollen wir einen Schlaglaut hervorbringen, so öffnen wir plötzlich 3181
einen Ausweg, den wir in dem vorbereitenden Momente geschlossen haben. Wir können den Consonanten nur den kurzen Augenblick, welchen die Entladung einnimmt, aussprechen. Die Lippen dienen diesem Stellungswechsel bei dem b und p, der vordere Theil der Zunge bei d und t und der hintere bei g und k. Der Unterkiefer unterstützt oft die Veränderung in den beiden letzten Fällen. g und k lassen sich aber auch so, daß hierdurch ein Uebergang zu den anhaltenden Mundlauten gegeben ist, hervorbringen.

Die Nasenlaute benutzen vorzugsweise den Widerklang des Nasen- 3182
rohres. Einzelne Gebilde des Mundcanales schließen sich daher in dem Augenblicke, in dem jene Buchstaben erzeugt werden sollen. Wir bringen so die Lippen an einander, wenn wir das m, und drücken den Vordertheil der Zunge an den harten Gaumen, wenn wir das u aussprechen wollen. Halten wir uns die Nasenlöcher zu, so können wir zwar noch m und n ziemlich gut lautiren. Jenes lehnt sich aber leicht an ein nachklingendes b und dieses an ein mittönendes d an. Dieser Fehler wiederholt sich nicht selten in Menschen, die einen starken Schnupfen haben oder deren Nasenhöhle von Polypen oder anderen Wucherungen eingeengt ist.

Mehrere Gründe machen es fast unmöglich, die Mechanik, aus der 3183
die Lautirung der Consonanten hervorgeht, mit befriedigender Vollständigkeit zu schildern. Die Vordertheile des Mundrohrs stellen sich in vielen Fällen so ein, daß man nicht unmittelbar die Gebilde des Racheneinganges beobachten kann. Ein und derselbe Buchstabe kann die verschiedenste Aussprachsweise in den mannigfachen Sprachen darbieten. Manche Consonanten fodern überhaupt nur eine gewisse Art eines Zisch-, eines Schnarr- oder eines anderen Lautes. Es ist aber dann im Wesentlichen gleichgültiger, welche Art von Vorbereitung die hierzu nöthigen Bedingungen liefert. Die Gewohnheit, der Einfluß der Muttersprache und der Bau der Stimmwerkzeuge entscheiden daher erst über die einzelnen Veränderungen.

Das h bildet den einfachsten Hauchlaut, der sich leicht von selbst an 3184
dem Anfange der Worte und selbst bei dem Beginne der getrennten Silben einschleicht. Der Stoß, dem es seinen Ursprung verdankt, kann sich auf die Kehle allein beschränken. Soll es aber laut ausgesprochen werden, so muß sich der Ausgang des Mundrohres geöffnet haben. Es be-

darf dabei keiner auffallenden eigenthümlichen Einstellung der Lippen. Der im Ganzen etwas verengerte weiche Gaumen zieht sich in die Höhe. Die Zungenwurzel wölbt sich in mäßigem Grade.

3185 Können sich nicht Vocale an vorangehende Consonanten anlehnen, so schiebt sich von selbst ein h vor dem neuen Vocalstoße ein. Daher z. B. der Unterschied, den wir in der Aussprache von les hommes und les hautes Alpes antreffen. Sprachen, die sich durch eine größere Weichheit und durch ihre Schnelligkeit der Rede auszeichnen, lassen ein h, das in anderen Dialekten vorkommt, hinweg. Das deutsche Harlequin wird so zu dem französischen Arlequin und dem italienischen Arlequino. Es kommt überhaupt in diesen beiden romanischen Sprachen seltener vor, daß Worte mit einem deutlich ausgesprochenen h, wie honte oder hai, anfangen.

Der Spiritus asper vertritt bekanntlich das h in unserer gegenwärtigen Aussprache des Altgriechischen. Die Neugriechen sollen ihn dagegen nicht mehr nach Chladni[1]) auf eine dem Ohre vernehmliche Weise andeuten. Er verräth sich jedoch noch bei ihnen in einzelnen Wörtern mit vieler Schärfe. Manche Schriftsteller[2]) betrachten auch den Spiritus lenis als den leisesten Anhauch, wie wir ihn z. B. unwillkührlich in dem getrennt (als er—innern) ausgesprochenen Worte erinnern einschalten. Da jedoch dieses Zeichen nur im Anfange, nicht aber im Verlaufe der auch abgesetzt wiedergegebenen Worte gebraucht wird, so dürfte es wahrscheinlicher sein, daß es uns als negatives Merkmahl, zur Angabe des Mangels der besonderen Aspiration gedient hat.

3186 Es bedarf nur einer geringen Veränderung, daß das h in ch, wie es in dem deutschen ach, dem hebräischen Cheth (ח) oder dem schweizerischen oder holländischen ch klingt, übergeht. Die hintere Zungenhälfte pflegt sich hierbei etwas stärker zu wölben. Es bleibt jedoch immer noch ein bedeutender Spaltraum zwischen ihr und dem harten Gaumen übrig. Der weiche Gaumen senkt sich etwas hinab. Das Zäpfchen stellt sich schief von oben und hinten nach vorn und unten. Es zittert in sichtlicher Weise, wenn der Schnarrlaut mit der nöthigen Kraft hervorgebracht wird.

3187 Der Uebergang des h in ch verräth sich auch häufig in der geschichtlichen Entwickelung der Sprachen. Das altdeutsche Ahsala und das mitteldeutsche Ahsal wurde so zu dem gegenwärtigen Worte Achsel.

3188 Das weiche ch, das wir z. B. in Ich haben, welches die Spanier durch j und zum Theil durch x ausdrücken und das wahrscheinlich dem χ der Griechen entspricht, fodert eine andere Mechanik, als jenes rauhe ch. Der Mitteltheil der Zunge höhlt sich hierbei aus, während sich die Seitenränder gegen den harten Gaumen zu stemmen suchen. Es entsteht so ein Windcanal, durch den die Luft mit geringerer Gewalt hindurchzischt. Die Zungenspitze senkt sich bisweilen herab, um die Ausgangsöffnung desselben zu erweitern. Dieser Laut fehlt nach Chladni[3]) manchen feineren ro-

[1]) Chladn , in Gilbert's Annalen der Physik und physikalischen Chemie. Bd. XVI. Leipzig, 1824. 8. S. 214.

[2]) K. M. Rapp, Versuch einer Physiologie der Sprache nebst historischer Entwickelung der abendländischen Idiome nach physiologischen Grundsätzen. Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1836. 8. S. 53.

[3]) Chladni, a. a. O. S. 210.

manischen Sprachen, wie dem Französischen, dem Englischen und dem Portugiesischen.

Die den Norddeutschen eigenthümliche Aussprache führt hier zu manchen Eigenthümlichkeiten. Das ch klingt noch ziemlich rauh in: Fach, Loch, Buch, wo es sich an a, o oder u anlehnt. Gehen ihm dagegen ä, e, i, ö oder ü, wie in Fächer, Blech, Strich, Löcher oder Bücher voraus, so gewinnt es eine größere Weichheit. Beginnt ein Wort mit ch, so wird es in dem Norddeutschen weich, wie in China, oder geradezu wie k, wie in Charakter ausgesprochen. Die allemannischen Dialekte wählen dagegen das rauhere ch in allen diesen Fällen.

Diese Verschiedenheit kehrt dann unter anderen Verhältnissen noch auffallender wieder. Norddeutsche Theologen, die erst in späteren Jahren das Hebräische erlernten, sprechen das am Anfange der Worte befindliche Cheth (ח) oder Chaf (כ), wie in chajim (חַיִּים) oder Chol (כֹּל) weich aus und verstoßen so gegen die Regeln der aramäischen Sprachen. Ist dagegen ein Süddeutscher oder Schweizer in einer allemannischen Aussprache erzogen worden, so trägt er selbst sein rauhes ch auf das k in dem Anfange der Worte über. Er sagt Chnabe statt Knabe. Diese Bevorzugung der Kehlschnarrlaute geht sogar so weit, daß zwei k wie kch lauten und schicken wie schickchen angegeben wird. Der Uebergang in das freilich weichere χ, wenn κκ auf einander folgen sollen, findet sich auch im Griechischen.

Eine leise Aenderung des milderen ch führt bald zu j. Der mittlere 3189
und der hintere Theil der Zunge stemmt sich mit seinen Seitenrändern gegen den harten Gaumen, so daß ein vollkommener Durchgangscanal übrig bleibt. Der Kehlkopf hebt sich ein wenig, die Luft streicht leise durch den Gaumen-Zungencanal nach den Zähnen und den Lippen hin.

Das weiche ch hat schon einen Beiklang von i. Er kehrt in dem j 3190
noch deutlicher wieder. i und j wechseln daher nicht selten, je nachdem ein stützender Consonant nachfolgt oder nicht. Jtzt wird auf diese Art zu Jetzt. Verwandte Buchstaben können in einzelnen Sprachen und Dialekten des j Geräusch anzeigen, so das g in der Berliner Aussprache des Wortes Gehen, y im Holländischen und Englischen. Derselbe Buchstabe Jod (י) wird im Hebräischen zu i oder j, je nachdem er als Vocal mitzuklingen oder als Consonant selbstständig zu werden vermag.

Während das vollkommen scharf ausgesprochene g zu den Entladungs- 3191
lauten gehört, so schließt sich der minder vollständig hervorgebrachte Zischton den eben betrachteten Consonanten unmittelbar an. Die Spitze der Zunge wendet sich dabei nach unten und stemmt sich gegen die mittleren Unterkieferzähne. Der mittlere Theil dagegen wölbt sich, um sich mit seinen Seitenrändern an den harten Gaumen und die Oberzähne zu legen. Wird der Laut stärker angegeben, so drückt sich der Mitteltheil der Zunge kräftiger an den harten Gaumen. Tritt hierauf die Entladung ein, so öffnet sich der Verschluß, indem sich zugleich die Unterkinnlade herabsenkt. Dient vorzugsweise der Vordertheil des Mundrohres zur Aussprache des Buchstabens, so klingt er als reineres g. Wird dagen die hintere Abtheilung hierzu verwandt, so nähert sich eher der Laut dem des k.

Diese verschiedenen Uebergänge, die das g darbieten kann, drücken 3192
sich deutlich in den einzelnen Sprachen aus. Das härtere Generalissimus entspricht so dem weicheren Général der Franzosen und dem Generalissimo der Jtalienér. Die französische Sprache wechselt in dieser Hinsicht ihre Lautweise nach Art der nachfolgenden Vocale oder Consonanten, so

einerseits garcon, gronder, gouffre und anderseits gêner, Girondins. Der Tausch des g und k verräth sich z. B. in dem althochdeutschen gamz, dem gegenwärtigen Gemse, dem portugiesischen und spanischen gama, dem italienischen Camozza und dem böhmischen Kamsik, während wieder die weicheren Zischlaute in dem französischen Chamois und dem polnischen Giemza hervortreten.

Das g und das k hängen ferner der Natur der Sache nach von den ihnen unmittelbar folgenden Buchstaben ab. Stehen sie vor einem entschiedeneren Zischlaut, so verschmelzen sie leicht von selbst zu dem einfacheren x. Wir haben daher das schweizerische äx und das hochdeutsche Art für das mittelhochdeutsche akes und das baierische äcks. Stützen sich g oder k im Anfange des Wortes auf einen Vocal und werden sie nur flüchtig ausgesprochen, so gehen sie leicht in den bloßen Anhauch des h über. Das lateinische homo entspricht so dem gothischen Guma und dem althochdeutschen Komo [1]). Gestern erinnert an hesterno. Gesellen sich endlich starke Nasenlaute hinzu, so verwandelt sich leicht das g in ng. Ein nachfolgendes x macht es nicht selten zu k und ein weiches ch zu einem ähnlichen eben so weichen Laute.

Während die meisten neueren Sprachen nur g und k, das Griechische nur γ und κ haben, besitzt das Hebräische drei Zeichen, nämlich Gamel (ג) für g, Kaw (כ) für das veränderliche und Kuf (ק) für das beständige k. Kol (כל) kann daher unter manchen Verhältnissen in Chol (כל) übergehen. Kadosch (קדוש) behält dagegen sein hartes k in allen Fällen bei.

3193 Das schnarrende, tief hinten ausgesprochene k verwandelt sich schon von selbst in ein rasselndes r. Wird diese Art von R-Laut entschieden angegeben, so wölbt sich die Zungenwurzel. Der weiche Gaumen und das Zäpfchen begeben sich nach oben und hinten. Die Erschütterungen, die der durchgetriebene Luftstrom erzeugt, können sich diesen Gebilden und selbst der Zungenwurzel, so wie der Laut kräftiger wird, mittheilen. Das arabische Rain benutzt diese Tonart auf die auffallendste Weise. Sie kehrt in etwas milderer Form in der Berliner Aussprache des deutschen und der Genfer des französischen r wieder.

3194 Das reine r des Hochdeutschen nimmt mehr die Vordertheile des Mundrohres in Anspruch. Die Zunge zieht sich dann etwas zurück und legt sich mit ihrer Spitze an die hintere Seite der vorderen Unterkieferzähne. Die Lippen und die beiderseitigen Zahnreihen lassen eine Spalte von mäßiger Größe offen. Wird der Luftstrom durchgestoßen, so schlagen die Seitenränder der Zunge an den harten Gaumen. Wird der Laut länger ausgehalten, so verfällt leicht die Zunge in eine eigene zitternde Bewegung.

3195 Das Summen, welches die Schwingungen einer Uhrfeder oder eines anderen elastischen Stabes begleitet, läßt häufig die Tönung eines r mit-

[1]) J. Grimm's Grammatik der hochdeutschen Sprache unserer Zeit. Bearbeitet von J. Eiselen. Constanz, 1843. 8. S. 30. 31.

klingen. Wir können auch daher schon diesen Laut, wenn auch klappernd und unvollkommen hervorbringen, so wie sich nur die Lippen in sichtbare Schwingungen durch das Anblasen versetzen. Der eigenthümliche, dem Schnauben der Pferde zu vergleichende Laut, welcher in der Sprache der Wilden von Neu-Guinea vorkommt und den Chladni [1]) durch brr auszudrücken sucht, gehört wahrscheinlich zu dieser Art von Tonbildungen.

Es ergiebt sich von selbst, daß der Luftstrom immer bei der Aussprache 3196
des r einzelne Theile in merkliche Erschütterungen versetzen muß. Die Fähigkeit, diesen Bedingungen zu genügen, stößt in manchen Menschen auf Schwierigkeiten. Viele lassen nur das r im Anfange der Worte hinweg und sprechen das leichtere Udolph statt Rudolph. Andere vernachlässigen diesen Buchstaben in allen Fällen und wählen dafür Laute, die eher dem d oder dem t entsprechen [2]). Leute, deren Mandeln krankhaft vergrößert sind, bringen nicht selten l statt r hervor. Die Verwechselung tritt auch sonst, wenn tiefe Kehllaute unmittelbar nachfolgen, am Leichtesten hervor. Der Deutsche, der das ch weicher ausspricht, sagt mit Leichtigkeit Kirche. Der Schweizer dagegen, der auch hier sein tieferes Kehl-ch gebraucht, verwandelt jenes Wort in Kilche. Das Chinesische ersetzt immer das r mit l.

Folgt das r auf einen Consonanten, so fodert sein Schnarrlaut einen 3197
zu heftigen Uebergang oder ein zu langes Aushalten der Stimme. Es kommt daher in einzelnen slavischen Sprachen vor, daß solche r in der schnellen Rede vollkommen vernachlässigt werden.

Es liegt in der Natur der Sache, daß der Luftstrom, der die Schwin- 3198
gungen des r veranlaßt, mit einem kräftigen, dem h gleichenden Anhauche beginnt. Dieser Umstand erklärt es, weshalb manche Sprachen das h-Zeichen dem Anfangs-r vorausschicken. Das angelsächsische hryg, das isländische hriggur, das altnordische hryggr und das angelsächsische hrecg entspricht so unserm hochdeutschen Rücken. Lehnt sich das r, mit dem eine Silbe oder ein Wort anfängt, an einen nachfolgenden Vocal an, so klingt wieder leicht ein feiner Anhauch mit. Folgen zwei r unmittelbar auf einander und schließt das eine die erste Silbe, während die zweite mit dem anderen anfängt, so tritt dieses noch deutlicher hervor. Die Griechen deuteten es daher auch mit ihrem Spiritus asper an. Wir drücken es oft im Deutschen durch ein eingeschaltetes h, vorzüglich in den Fremdwörtern Rheumatismus, Rhabarber aus.

Der Trieb, den Luftstrom, der einen bestimmten Laut erzeugt, mög- 3199
lichst vielseitig zu benutzen und hierdurch an Geschwindigkeit und Leichtigkeit der Rede zu gewinnen, führt uns zu gewissen natürlichen Verbindungen einzelner Consonanten. Das r kann uns ein Beispiel hierfür liefern. Der tiefe Kehllaut desselben nähert sich zunächst, wie wir früher gesehen haben, dem h, ch, j, g und k. Viele Sprachen verbinden daher auch einen dieser Consonanten mit dem tiefer oder höher ausgesprochenen r. Wir haben so das angelsächsische hreove für das hochdeutsche Reue. Das schwei-

[1]) Chladni, a. a. O. S. 213.
[2]) Talma, in den Mémoires de l'academie des sciences. Tome II. p. CXII.

zerische Chrieg, das hochdeutsche Krieg oder Gram, das hebräische Jeruschalajim יְרוּשָׁלַיִם beweisen das Gleiche.

3200 Die Luftsäule, die hinten den R-Laut hervorgerufen hat, kann nach vorn zu andern sich anschließenden Zischtönen benutzt werden. Lehnen sich diese beiden Arten von Consonanten an vorangehende Vocale an, so werden sie leichter auszusprechen sein, als wenn das Wort mit rsch beginnt. Das einfachere Deutsche hat daher nur Namen wie Ersch, Thiersch. Die schwierigeren slavischen Dialekte dagegen benutzen auch das rz, das wie rsch klingt, am Anfange der Wörter.

3201 Der Zungenzischlaut s entsteht am Einfachsten dadurch, daß sich die Zunge im Ganzen wölbt, dem harten Gaumen nähert, sich seitlich an diesen anschmiegt und vorn in der Nähe desselben schweben bleibt. Es erzeugt sich auf diese Weise ein niedriger Durchgangscanal, den der Luftstrom mit zischendem Geräusch durchsetzt. Das Gas kann dann durch die geöffneten Zahnreihen oder wenn sie geschlossen sind, durch die Lücken, die zwischen den Zähnen übrig bleiben, austreten. Soll das s minder rein klingen, so bedarf es überhaupt nur irgend einer Stellung, die eine hinreichend feine Ausgangsspalte liefert.

3202 Die reine Aussprache des s fordert, daß der Grad des Zischtones innerhalb einer bestimmten Breitengrenze eingeschlossen bleibt. Es überschreitet diesen nicht selten in Menschen, die grose Zahnlücken besitzen. Eine pfeifende Klangweise stört daher die Reinheit des Lautes. Wir können ihn umgekehrt breiter und unangenehmer machen, wenn wir die Zungenspitze zwischen die geöffneten Zahnreihen legen und sie im Augenblicke der Tonerzeugung in mäßigem Grade vorschieben.

3203 Die Härte oder Weichheit, mit der dieser Zischlaut ausgesprochen wird, bedingt so bedeutende Unterschiede, daß manche Sprachen besondere Buchstabenzeichen für diese untergeordneten Abweichungen besitzen und andere sie wenigstens in der Aussprachsweise der einzelnen Worte berücksichtigen. Das Hebräische hat z. B. auf diese Weise sein weichstes s in dem Sain (ז), seinen stärkeren Zahnzischlaut in dem Sin (שׂ), sein noch härteres in dem Samech (ס) und sein härtestes in dem Zade (צ). Das Sin geht dann durch Verbreiterung in Schin (שׁ) oder sch über. Die Deutschen deuten dieselben Unterschiede durch s, sz, ſs und z, die Franzosen durch s, sſ, z, c, nur minder scharf an. Das englische th führt endlich gewissermaaßen das s zu den Entladungslauten über. Soll es völlig rein ausgesprochen werden, so muß sich die Zungenspitze auf die Vorderzähne und den Oberrand der Lippen legen und im Augenblicke der Betonung eine kurze Strecke vorschießen.

3204 Die Stärke des Windes und die Schnelligkeit, mit der der Luftstrom zischend hervortritt, unterscheidet das mildere von dem etwas härteren s. Der Vergleich der Aussprache dieses Lautes in Les hommes und La somme kann uns dieses leicht versinnlichen. Das deutsche sſ oder ſz schließt sich diesem stärkeren s zunächst an. Der Vordertheil der Zunge legt sich jedoch gegen den harten Gaumen, während sich die Spitze gegen die Un-

terkieferzähne drängt. Wir brauchen nur das Wort Glas mit langem a und kurzem s oder kurzem a und hartem s auszusprechen, um diesen Unterschied zu bemerken. Wird das reine z plötzlich und scharf hervorgebracht, so klingt ein halbes vorangehendes t mit, weil die Zunge im Augenblicke der Verbreiterung in ähnlicher Weise, wie bei diesem Buchstaben an den Gaumen gelegt und dann fortgeschnellt wird. Zettel klingt daher fast wie Tzettel. Die mannigfachen Buchstabenzeichen des Hebräischen machen in dieser Hinsicht noch feinere Unterscheidungen, als die meisten neueren Sprachen möglich. Wir haben hier z. B. Sabach (זָבַח), Jis'rael (יִשְׂרָאֵל), sfabenu (שַׁבְּעֵנוּ), szykkah (סֻכָּה) und Zedek oder beinahe Tzedek (צֶדֶק).

Folgt ein t auf das s, so muß die Rolle, welche die Zunge übernimmt, 3205
schnell wechseln. Sie ruht während der richtigen Aussprache des s tiefer unten in der Mundhöhle und lehnt sich mit ihrer Spitze an die Vorderzähne der Unterkinnlade. Soll aber das t gebildet werden, so muß sie sich umgekehrt an den vorderen Theil des harten Gaumens und die Vorderzähne des Oberkiefers drängen und dann wieder den nöthigen Raum dem durchtönenden Luftstrome überlassen. Wird dagegen das feinere s zu dem breiteren sch, so erleichtert sich der Mechanismus, weil die Spalte, welche den zischenden Luftstrom durchläßt, weiter nach hinten nach dem mittlern bis hinteren Theile der Zunge und des harten Gaumens verrückt wird. Dieses ist der Grund, weshalb Völker, die überhaupt häufiger den Vordertheil des Mundes in ihrer Rede benutzen, das st lispelnder aussprechen, während Stämme, in denen die Kehltöne den Vorrang besitzen, den Zischlaut vorziehen. Der Süddeutsche und der Schweizer machen daher ischt aus ist. Spricht aber noch der Mitteldeutsche schtehen, so verwandelt es der Norddeutsche auch in der Lautirung in stehen. Der gleiche Unterschied kehrt im Hebräischen in den Stichwörtern Schiboleth und Siboleth wieder. Aehnliche Verhältnisse wiederholen sich auch bei anderen Lauten. Das griechische σχῆμα wird so zu dem deutschen Schema, Iskia zu Ischia, scribere zu schreiben.

Das breite und volle sch fordert, daß sich die Seitenränder der Zunge 3206
an den harten Gaumen und die Seitenränder der Oberkieferzähne anlegen, daß sich dagegen ihre Mitte abflacht oder aushöhlt. Es entsteht auf diese Weise ein ziemlich breiter Hohlraum, durch den die Luft mit mäßiger Geschwindigkeit fortgeht. Der Laut wird dabei flacher oder zischender, je nachdem die Spalte der Zahnreihen mehr oder weniger offen bleibt oder gänzlich geschlossen ist. Befinden sich größere Lücken in den Vorderzähnen, so gewinnt leicht der Ton einen pfeifenden Beiklang. Wir wählen bisweilen diese unangenehme Form des sch, um Hunde oder andere Thiere zu reizen.

Soll die Tönung gemildert werden, so verkleinert sich der Mitteltheil 3207
des Mundrohres in stärkerem Maaße. Die Zunge gewinnt bei ihrer Aufwulstung eine andere Gestalt und stemmt sich gegen den harten Gaumen mit einem ausgedehnteren Stücke. Der Laut verliert aber hierdurch leicht

an Bestimmtheit und geht selbst allmählig in andere Consonanten über

3208 Nur wenige Sprachen, wie das Hebräische oder das Russische drücken die wesentliche Art des Zischlautes sch mit besonderen Zeichen aus. Andere Dialekte behelfen sich häufig in dieser Hinsicht mit fremdartigen Buchstaben. Das Französische und z. Thl. das Deutsche gebraucht z. B. das g für die weichste Form, wie in den Worten elargir und Loge. Das französische und z. Thl. das spanische ch, das portugiesische x und das italienische sc vertreten häufig solche verschiedene Uebergangslaute. Zischtöne der Art fehlen dagegen nach Forster in den Sprachen der Eingebornen von Tahiti und von andern Südseeinseln.

3209 Das f wird auf die natürlichste Weise hervorgebracht, wenn man die vorderen Oberkieferzähne auf die obere Fläche der etwas nach hinten gedrückten Unterlippe stellt und die Luft durch die Zwischenräume der einzelnen Zähne oder durch eine feine zwischen ihnen und der Unterlippe übrig bleibende Spalte zischend dringen läßt. Es bedarf aber nicht nothwendiger Weise dieser eben geschilderten Stellung. Lassen nur überhaupt die Zähne oder die Lippen einen feinen Durchgangsraum offen, so gelingt es schon in der Regel, das f anzugeben. Der Deutsche sucht dann die größere Kürze oder Länge des Zischtones durch f oder ff auszudrücken. Die Verwandtschaft, in der dieser Buchstabe zu manchen Entladungslauten steht, wird uns später bei diesen beschäftigen.

3210 Das weichere w setzt zwar im Allgemeinen dieselbe Einstellungsweise der vorderen Stücke des Mundrohres, wie das f voraus; die Mundspalte selbst verbreitert sich aber dann in stärkerem Grade. Strengt sich der Kehlkopf an, um den Zischton lauter ertönen zu lassen, so klingt bald ein halbes u mit. Die englische Aussprache des well, das fast wie ouell lautet, fußt auf diesem Verhältnisse. Wollen wir aber qu an einen nachfolgenden Vocal anlehnen, so wird umgekehrt das u von selbst zu w. Wir haben so qwer für quer. Die größere Leichtigkeit der Aussprache führt auch in anderen Fällen zu einem ähnlichen Uebergange. Aneurysmen verwandelt sich bald in Anevrysmen, wenn schnell gesprochen wird. u und v stehen daher auch im Lateinischen in genauer Verbindung. Das Hebräische gebraucht das Waw (ו), das fast wie w klingt, um das volle u und das sich ihm annähernde tiefe o anzudeuten. Man schaltet es daher in die Worte Halleluja (הַלְלוּיָהּ) und Jom (יוֹם) ein.

3211 Das v steht streng genommen in der Mitte zwischen f und w. Der Unterschied ist jedoch so gering, daß die meisten Sprachen diesen Laut geradezu bald mit f und bald mit w zusammenwerfen.

3212 Sollen die beiden Entladungsconsonanten b und p deutlich ausgesprochen werden, so schließen wir zuerst die Mundspalte und entfernen plötzlich die Lippen, so wie der Luftstrom bis zu ihnen vorgedrungen ist. Die Zähne lassen nur die nöthige, mäßig große Durchgangsspalte offen oder sie entfernen sich erst im Augenblicke der Aussprache. Die Zunge bleibt zwar nicht ruhig im Grunde der Mundhöhle liegen. Sie kann aber verschiedene Gestalten annehmen, um die nöthige Weite dem

Mundrohre zu verleihen. Es hängt dagegen von der Stärke der Entladung ab, ob der weichere Laut b oder der härtere p zu Stande kommt.

Es erklärt sich hieraus von selbst, weshalb so häufig diese beiden 3213
Buchstaben gegenseitig verwechselt werden. Vergleichen wir aber die verschiedenen Dialekte und Sprachen, so finden wir noch, daß nicht selten b und p in f, v oder w übergehen oder sich von ihnen in einzelnen Fällen vertreten lassen. Wird z. B. im Hebräischen das Waw affixum (ו), das und bedeutet und wie u klingt, vorgesetzt, so verwandelt sich leicht b in w und p in f. Bajom (בְּיוֹם) geht auf diese Weise in Uwajom (וּבְיוֹם) und pikdonenu פִּקְדוֹנֵנוּ in Ufikdonenu וּפִקְדוֹנֵנוּ über. Aehnliche Verwechselungen kehren auch in anderen Sprachen wieder. Das althochdeutsche hanaf und unser Hanf entsprechen dem lateinischen Cannabis, das gothische fimf, das althochdeutsche vinf und unser fünf dem griechischen πεμτε, das althochdeutsche vlò und das neuere Floh dem lateinischen Pulex. Pellis erinnert an Fell und Piscis an Fisch. Die Neugriechen sprechen das β wie w aus. Die Gascogner vertauschen häufig b und v und umgekehrt. Das b erleidet dasselbe Schicksal in manchen spanischen Worten. Einzelne Süddeutsche sprechen häufig awer statt aber. Diese Verwechselung erklärt sich daraus, daß es leichter ist, den Zischlaut an einen vorangehenden betonten Vocal anzulehnen, als die eine Unterbrechung fordernde Entladung einzuleiten.

Folgt ein f unmittelbar einem p nach, so verwickelt sich die Mechanik 3214
der Sprachwerkzeuge in höherem Grade. Personen, die an Stottern leiden, stoßen hier oft auf bedeutende Schwierigkeiten. Manche Menschen welche die Bequemlichkeit der Künstlichkeit der Sprache nicht aufopfern, umgehen diesen schwierigen Laut und verwandeln ihn geradezu in ein einfaches oder doppeltes p. Sie sagen daher Porte statt Pforte, Kop statt Kopf und Appel statt Apfel. Solche Verwechselungen kommen in Personen, welche die hinteren Theile ihrer Sprachwerkzeuge vorzugsweise gebrauchen, am Häufigsten vor.

Was b und p für die Lippen, das sind in vieler Hinsicht d und t 3215
für die Zunge und den harten Gaumen. Die Entladung wird hier vorzugsweise in den hinter den Zähnen befindlichen Raum versetzt. Der Vordertheil der Zunge liegt an dem harten Gaumen. Die Spitze neigt sich nach unten oder stemmt sich gegen die vorderen Oberkieferzähne. Ein schwacher Anstoß giebt dann im Augenblicke der Entladung d und ein stärkerer t an. Der kräftigere Anhauch läßt leicht ein schwaches h nachklingen. Die Griechen unterscheiden daher mit Recht δ, τ und θ. Die Buchstabenschrift vieler anderer Völker drückt dieses gradezu mit einem eingeschalteten h aus.

Zischt der Luftstrom durch die Zwischenräume der Oberkieferzähne nach- 3216
träglich durch, so gesellt sich bald der Laut eines s hinzu. Dieses erklärt die Aussprache des neugriechischen θ, des englischen th in dem Worte the und die Verwandlung des hebräischen Taw (ת) in Tsaw (צ). s, t und d können sich deshalb auch wechselseitig vertreten. συ entspricht daher dem latei-

nischen tu und dem deutschen du. Das lateinische Mentha und das angelsächsische Minta wird so zu dem hochdeutschen Münze.

3217 g und k bilden endlich noch die hinteren Entladungslaute des Mundrohres. Das mittlere und theilweise auch das hintere Stück der Zungenmasse legen sich an den Gaumen. Wird dann der Verschluß plötzlich geöffnet, so stürzt der Luftstrom mit lauter Tönung durch. Beide Buchstaben ersetzen sich auch häufig. ἄγρος und ager werden so zu Acker. Wir haben jedoch schon früher (§. 3192.) gesehen, daß auch das g ohne eine solche Entladung hervorgebracht werden kann und daß die Natur der Sache diese Buchstaben in andere Kehllaute überführt. macer und mager fußen z. B. auf diesem Verhältnisse.

3218 Das Nasenrohr übernimmt keine wesentliche Rolle in den bis jetzt betrachteten Consonanten. Es kann zwar einen näselnden Beiton diesen Lauten, wie den Vocalen mittheilen. Wie wir aber a, e, i, o, u mit größter Vollkommenheit mit zugehaltenen Nasenlöchern aussprechen können, so ist auch das Gleiche bei b, c, d, f, g, h, k, ch, p, q, r, s, sch, t, v, w, x und z möglich. l, m und n bieten dagegen zum Theil andere Verhältnisse dar. Wir sind zwar auch im Stande, diese Laute bei verschlossenen Nasenlöchern oder unter einer anderen Beschränkung des Nasenrohres hervorzubringen. Es klingen aber leicht Consonanten, wie nd, n, b u. dgl. mit oder sie gewinnen selbst das Uebergewicht über die beabsichtigte Tönung. Alles wird dann oft zu Andes, Liebe zu Niebe, Mensch zu Bensch und Natur zu Datur. Giebt man künstlicher Weise den Vorzug dem Nasenrohre, so mischt sich leicht ein halbes l oder n in die Aussprache einzelner Entladungslaute, wie d oder t, ein.

3219 Da das l die besondere Mitwirkung des Nasenrohres nicht nöthig hat, so muß es, streng genommen, von m und n geschieden werden. Wollen wir es rein aussprechen, so pflegen wir den vorderen oder mittleren Theil der Zunge an den harten Gaumen zu drücken. Der hinten übrig bleibende Gaumen-Zungenraum öffnet sich daher zu beiden Seiten nach außen. Der Luftstrom stürzt auch mehr zu den Mundwinkeln hervor. Die Zungenspitze berührt indeß in der Regel die Vorderzähne des Oberkiefers. Die Zahnspalte und die Mundspalte erreichen eine mäßige Größe. Die Lippen können sich sogar in der Mitte berühren, ohne daß der Laut gestört wird. Es bedarf auch nur in Ausnahmsfällen eines einzigen seitlichen Durchganges, um dasselbe Ziel zu erreichen.

3220 Die Stellungen der Zunge, welche das l fodert, gleichen in hohem Grade den Verhältnissen, die der Entladung bei d und t vorangehen. Die oben (§. 3196.) erwähnten Verwechselungen erklären sich hieraus. Läßt dagegen die Zunge vorn einen mittleren Durchgangsgang offen, so mischt sich leicht ein i ein. Die Italiener, Franzosen und Spanier lassen daher häufig ein halbes i oder j mitklingen. Die Aussprache der Wörter fille, feuille fußt hierauf. Das milde Italienisch ersetzt sogar oft das irgend beschwerliche l durch i oder j. Das lateinische planus wird so zu piano und flos zu fiore.

3221 Versetzt man den Tönungsraum, der das l erzeugt, weiter nach hinten in die Nähe des weichen Gaumens, so daß die Zunge ruckwärts ge-

zogen wird, so erhält zwar der Laut eine größere Fülle. Er verliert aber an Annehmlichkeit des Klanges und an Kürze des Wiederhalls. Diese Art von l kommt in manchen Schweizer-Dialekten, im Englischen, dem Polnischen, dem Türkischen vor. Die Aussprache des englischen Wortes well kann ihn uns am Besten versinnlichen. Geht ihm ein a, ei oder u voran, so klingt ein halbes a oder o mit. Stützt es sich auf ein vorangehendes i, so schleicht sich eine Art von u vorzüglich bei ungeübteren Zungen ein. Weltall wird daher zu Weltoll, Beil zu Beiall und Milch fast geradezu zu Miulch.

Bleibt der mittlere oder der vordere Theil der Zunge an dem har- 3222
ten Gaumen liegen, während eine große Menge der hervorgetriebenen Luft durch die Nase geht, so nimmt der Laut den Klang des n an. Die beiderseitigen Zahnreihen lassen dabei in der Regel eine mäßige Spalte übrig. Die Lippen entfernen sich von einander ihrer ganzen Breite nach oder wenigstens an den Mundwinkeln. Sind sie gänzlich geschlossen, so ist auch die deutliche Aussprache des n unmöglich gemacht.

Folgt ein g auf ein einfaches a, ohne daß es sich auf einen späteren 3223
Vocal stützen kann, so klingt es härter, wie sonst und gleicht daher fast dem k. Wir sprechen daher Klang wie ein weicheres Klank und sang geradezu wie sank, unterscheiden aber deutlich singen und sinken. Geht in diesen Fällen ein a dem ng oder dem nk voran, so verstärkt sich leicht die Nasenresonanz des n. Was aber hier durch zufällige Nebenverbindungen zu Stande kommt, kann auch absichtlich erzeugt werden, so daß eher ein näselndes ng, als ein reines n hervorgebracht wird. Die Spanier drücken dieses Verhältniß durch ihr n con tilde (n̄) aus. Wir haben gleichsam den Anfang in dem Worte Acker. Die Franzosen, die überhaupt die Nasenklänge vorziehen, bedienen sich in dieser Hinsicht einer allmählig steigenden Stufenfolge. Die Worte connaisseur, an, confortable, ainsi können uns zum Beispiel eine solche aufsteigende Reihe versinnlichen. Das deutsche sonder und das französische sonder, das italienische bontà und das französische bonté belegen unmittelbar diese Eigenthümlichkeiten des Klanges.

Das m nimmt das Mund- und Nasenrohr in gleich wesentlicher 3224
Weise in Anspruch. Viele Grammatiker stellen diesen Laut in eine Klasse mit b und p oder b und f und bezeichnen die ganze Gruppe mit dem Namen der Lippen-Buchstaben. Diese Anordnung ist insofern unrichtig, als b, p und f mit gleicher Schärfe, die Nasenlöcher mögen geöffnet oder geschlossen sein, hervorgebracht zu werden vermögen. Drücken wir uns dagegen die Nasenflügel zusammen, so klingt ein b oder p dem m nach. Einzelne Sprachen werden daher noch, wie im deutschen Worte schimpft, in den Stand gesetzt, eine Reihe passender Consonanten anzuschließen. Verstopfen wir das Nasenrohr in noch größerer Ausdehnung, so geht das ganze m in b oder p über.

Wird das m rein ausgesprochen, so klappen die Lippen im Augen- 3225
blicke der Lautirung zusammen. Die Luft wird dann nur durch die Nasenhöhle getrieben. Haben wir aber vorher die Zunge zwischen die Lippen vorgeschoben, so geht bald der Laut in n über. Folgt ein n auf

ein m, so verwandelt es sich leicht in n. Das lateinische Condemnare ändert sich auf diese Weise in das französische Condamner, das wie Condanner lautet. Manche Sprachen, wie das Hebräische, das Griechische und viele andere Dialekte setzen umgekehrt m statt n, wenn ein b oder f unmittelbar folgt. Embryo wird so statt Enbryo und Emphase statt Enphase ausgesprochen. Der Lippenschluß, der das m begleitet, bildet dabei die natürliche Vorbereitung für den folgenden Consonanten.

3226 Viele Schriftsprachen verfahren insofern auf eine unzweckmäßige Weise, als sie bisweilen einfache Laute mit zwei Buchstaben und zusammengesetzte mit einem bezeichnen. Das deutsche ph gehört z. B. in die erste und das q, das x, das ξ, das ψ in die zweite Klasse. Es versteht sich von selbst, daß diese Verhältnisse keine besondere physiologische Betrachtung nöthig machen.

3227 Verwickeltere oder unangenehm klingende, brummende, schnarrende, oder schnalzende Laute werden meist nicht von den gebildeteren Völkern für den Ausdrnck ihrer Gedanken zu Hilfe gezogen. Die Sprachen der Hottentotten, der Südseeinsulaner und anderer tiefer stehenden Nationen dagegen benutzt auch diese Art von Tönen zu ihren Mittheilungen. Es fehlt jedoch noch an hinreichenden Beobachtungen, um die physiologische Erzeugungsweise dieser Laute genauer festzustellen.

Die oben gegebene Darstellung der Mechanik der einzelnen Buchstaben fußt vorzüglich auf Beobachtungen, die ich an meinen eigenen Sprachwerkzeugen anstellte. Andere Angaben, die theils mit den meinigen übereinstimmen, theils aber auch von ihnen abweichen, finden sich in: W. von Kempelen, Mechanismus der menschlichen Sprache nebst Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Wien, 1791. 8. S. 178 fgg. Chladni in Gilbert's Annalen. Bd. XVI. Leipzig, 1824. 8. S. 187 — 216. Heusinger, in seiner Uebersetzung von Magendie's Physiologie. Bd. I. Eisenach, 1834. 8. S. 277 — 290. Jan Purkine, Badania w przedmiocie fizyologii movy Ludzkiéj. Kraków, 1836. 8. Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Band II. Coblenz, 1837. 8. S. 231 — 240. F. Blume, neueste Heilmethode des Stotternübels. Quedlinburg und Leipzig, 1841. 8. S. 32 — 43.

3228 Jede Sprache erzieht gleichsam die Sprachwerkzeuge in einer ihrem Geiste entsprechenden Richtung. Die einzelnen Gebilde können sich daher nur mit Mühe den Forderungen eines anderen Dialektes anpassen. Die meisten Deutschen sind deßhalb nicht im Stande das englische th, die Franzosen und Engländer die eine Abart des weichen ch, die westlichen Schweizer des ei, das bei ihnen mehr wie ai klingt, die Italiener das lange o wiederzugeben. Der Vorzug, den fast jeder Dialekt dem einen oder dem andern Theile der Sprachwerkzeuge darbietet, wirkt auch auf die Laute und die Buchstabenzeichen zurück. Die semitischen Sprachen, die häufig tiefe Kehltöne gebrauchen, bilden daher auch die Rasellaute des a, r und ch besonders aus. Da die Schweizer dem hinteren Theile des Mundrohres den Vorrang gestatten, so fallen auch bei ihnen das y, das sie statt des hochdeutschen ei nehmen, das l und r volltönender aus. Die Norddeutschen und die Engländer, die umgekehrt die vordere Hälfte des Mundrohres genauer einüben, unterscheiden auch die lispelnden Laute des s, st, th in feinerer Weise. Die Franzosen dagegen suchen viele Töne mit den ihnen geläufigen Nasenklängen zu versehen.

Fehlerhafte Windzufuhr der Sprachwerkzeuge. — Der Luftstrom, den die Lungen bei der Ausathmung hervorstoßen, liefert in der Regel den Wind, unter dessen Einfluß die verschiedenen Töne erzeugt werden. Der gesunde Mensch kann aber auch viele Laute während des Einathmens hervorbringen. Sie pflegen dann um eine halbe bis ganze Octave höher und unangenehmer zu werden. Ist der Mensch nicht hinreichend geübt, so brechen die Tönungen kurz ab. Sie eignen sich daher nicht zu einer in raschem Flusse forteilenden Rede.

Da die wesentlichsten Merkmahle der meisten Consonanten von den Stellungsverhältnissen des Mund-Nasenrohres abhängen, da diese Gebilde eben so gut einzelne Vocallaute erzeugen können, so muß es für sie gleichgültig sein, woher der anregende Wind stammt. Kommt er selbst nur aus der Schlundkopfhöhle und nicht aus den Lungen, so wird er sich immer noch zur Erzeugung jener Laute eignen, wenn er nur mit der nöthigen Kraft und Geschwindigkeit durchdringen kann. Sind die gewöhnlichen Verhältnisse nicht im Stande, die zuletzt erwähnte Bedingung zu erfüllen, so können Ausnahmsverhältnisse den Foderungen theilweise genügen.

Führt man eine biegsame Röhre, die mit einer verdichtenden Luftpumpe in Verbindung steht, durch die Nasenhöhle in den oberen Theil des Schlundkopfes ein, so kann die hineingetriebene unter einer stärkeren Spannung stehende Atmosphäre besondere Laute nach Déleau erzeugen. Sie vermögen nach ihm, wie die gewöhnlichen Buchstaben abgeändert zu werden und man hört sie so neben der regelmäßig hervorgebrachten Stimme tönen.

Regnauld hat einen Fall beschrieben, der beweisen würde, daß der Mensch im Nothfalle seine Zuflucht zu einem ähnlichen Mittel zu nehmen vermag. Die Verbindung des Kehlkopfes und der Luftröhre war durch Ausschwitzungen, die ein verunglückter Selbstmordversuch herbeigeführt hatte, unterbrochen worden. Der Mann konnte nur durch eine Luftröhrenfistel, in die er ein metallenes Rohr einschob, athmen. Wollte er sprechen, so machte er den Mund weit auf, senkte den Schlundkopf, hob dann den Kehlkopf in die Höhe und suchte so den Sprachcanal mit möglichst viel Luft zu füllen. War dieses geschehen, so lautirte er stoßweise, als wenn er husten wollte und ruhte einen Augenblick zwischen je zwei Worten aus. Seine Sprache hatte zwar keinen angenehmen Klang, sie konnte aber deutlich verstanden werden. Der Schluß der Nasenlöcher hob sie nicht auf. b, c, d, f, g, h, i, j, k, p, q, r, s, t, u, v, x, y und z wurden in der Art, wie es das Französische fodert, rein hervorgebracht. Der Mann stieß dagegen auf viele Schwierigkeiten, wenn er a, e, o, und vorzüglich, wenn er l aussprechen sollte. m und n waren ihm ganz unmöglich. Er konnte überdieß pfeifen, husten, niesen und sich schnäuzen. Als die Körperkräfte gegen das Ende seines Lebens abnahmen, verlor sich auch seine Sprachfähigkeit in immer auffallenderem Maaße. Die Leichenöffnung lehrte, daß die Verwachsung zwischen dem Schild- und dem Ringknorpel lag. Kein Tropfen Flüssigkeit konnte hier durchdringen. Da aber der Mann eine häutige Luftröhrenentzündung kurz vor seinem Tode bekommen hatte, so frägt es sich, ob diese nicht die Ausschwitzungen vergrößerte und so zur späteren Hemmung der Sprache beitrug.

Regelwidrige Veränderung der Laute. — Die Aussprachsweise, die ein einzelner Dialekt fodert, führt nicht selten zu Einschaltungen, Auslassungen oder Verwechselungen von Buchstaben. Der Tyroler, der das i scharf betont, macht so unwillkührlich Jach aus Ich. Der Norddeutsche, der das st in Verlust lispelnd ausspricht, wirft deshalb von selbst das r des Stammwortes verlieren hinweg. Der Schweizer dagegen, der das st mit scht wiedergibt und das u scharf betont, sagt aus natürlichem Grunde Verlurscht. Der Oesterreicher, der die vorangehende Silbe singend hervorbringt, verschluckt größtentheils das zwischen dem nachfolgenden Consonanten und einem späteren l einzuschaltende e, und spricht fast Hirschl. Der Krainer verwechselt häufig nach Kempelen b und w und sagt daher bei barmem Better für: bei warmem Wetter. Die Neugriechen lautiren β wie w.

Soll ein Ausländer eine ihm fremde Sprache reden, so fehlt er oft dadurch, daß er die Ausdrucksweise, die seinem Mutterdialekte eigen ist, auf die ungewohnte Redeweise überträgt. Deutsche sagen daher häufig schamais für jamais. Franzosen, die deutsch zu reden anfangen, sprechen ick für ich und aben statt haben.

Die Art der Betonung führt nicht selten zu anderen Abweichungen. Endigt ein Wort mit r, so verlängern wir den Schnarrlaut. Herus wird so zu Herr. Herr im

Zorne ausgesprochen klingt wie Herr—r—r. Das rasche Reden, das die leidenschaftliche Aufregung verräth, läßt häufig Buchstaben verwechseln. Aehnliche Gründe oder schon der bloße Wohllaut führen oft dazu, ganze Silben zu entfernen. Die Römer machten auf diese Weise laudaram aus laudaveram und die westlichen Schweizer, ihrer vollen hinteren Lautirung des l entsprechend, Bauele aus Baumwolle.

Die Betrachtung der einzelnen Buchstaben zeigte uns die Fehler der Aussprache, welche die Verstopfung der Nasenhöhle oder die Verengerung des Rachendurchganges herbeiführte. Viele Personen reden überdieß fehlerhaft, weil sie die sonst vollständigen Gebilde ihrer Sprachwerkzeuge nicht mit der gehörigen Pünktlichkeit gebrauchen können oder weil einzelne Theile derselben regelwidrige Formen besitzen.

Manche Menschen sind nicht im Stande, die Entladung ihrer Lippen in gehörigem Grade zu mäßigen. Sie sagen daher Putter für Butter. Andere fehlen in ähnlicher Weise bei der Einstellung ihres Mundrohrs und der Stärke des Anstoßes. Das wird daher von ihnen wie tas und groß wie kros ausgesprochen. Noch Andere vertauschen f und w, weil sie den Grad des Zischtones nicht beherrschen können. Dorf klingt daher bei ihnen wie Dorw. Sie unterscheiden selbst Fallen und Wallen auf eine nur unbestimmtere Weise.

Sind die Bewegungen der Zunge gehindert, stößt diese an die Vorderzähne, kann sie sich nicht gehörig heben oder schiebt sie sich in die Zahnspalte ein, so geht leicht g vorzüglich vor l in t über. Erwachsene, die an solchen Fehlern leiden, und Kinder, die absichtlich auf diese Weise sprechen, sagen daher Tlück statt Glück. Bewegt sich die Zunge nur unvollkommen, so wird häufig das reine l möglichst vermieden oder in volleren und rauheren Gaumen- und Kehltönen ausgesprochen. Es schaltet sich auch oft von selbst ein anderer halber Uebergangsconsonant vor ihm ein. Bild wird dann fast Bidld. Der hohe Grad von Trägheit endlich, in den die Zunge Betrunkener und vor Allem die von Cretins verfällt, macht die Sprache lallend und nur vertrauteren Personen verständlich. u verwandelt sich dabei häufig in o, g oder t in k und w in v. Das r tritt manches Mal völlig in den Hintergrund. Einzelne Buchstaben, wie b, c, f, g, h, n, p, s, t u. dgl. werden in einzelnen Worten gänzlich verschlungen.

Fehlt ein Stück der Lippen, so wird die Aussprache des b, f, w und zum Theil des m am Unrichtigsten ausfallen. Mangeln einzelne Vorderzähne, so erhalten Buchstaben wie s, j, ds, th eine zu große Breite. Der Laut zischt zu sehr und nimmt leicht einen pfeifenden Nebenton an. Befindet sich ein Loch im Gaumen, so mischt sich der Wiederhall der Nase in unzweckmäßiger Weise ein. Buchstaben, die sonst nur dem Mundrohre angehören, erhalten eine unangenehme Nasenresonanz, die zugleich die Sprache selbst undeutlicher macht. Die störende Tönung wiederholt sich selbst bei dem m und n, die schon unter regelrechten Verhältnissen die Hilfe des Nasenrohres in Anspruch nehmen.

Stottern. — Soll eine geordnete Reihe von Consonanten und Vocalen angegeben werden, so müssen die einzelnen Theile der Sprachwerkzeuge ihre Stellungen in wenigen Augenblicken auf die mannigfachste und zugleich auf die zweckmäßigste Weise ändern. Das Gehirn und die unter seinem Befehle stehenden Nerven haben dieses verwickelte Spiel zu unterhalten. Es springt häufig von einem hinteren Theile des Sprachorgans auf einen vorderen und umgekehrt über und schreitet eben so oft erst allmählig von Stelle zu Stelle fort. Kommt nun ein Mensch in Verlegenheit oder leidet die pünktliche Ausführung der Geistesbefehle aus irgend einem anderen Grunde, so schwindet die Schärfe und die Ordnung, die jede reine Aussprache und jeder gehörige Redefluß fodert. Die unzweckmäßige Einstellung bedingt es, daß manche Laute ungewöhnlich klingen und andere gar nicht hervorgebracht werden. Das fruchtlose Bemühen, gewisse beabsichtigte Buchstaben ertönen zu lassen, führt zu unzweckmäßigen Wiederholungen der im Augenblicke möglichen oder eben vorher schon ausgesprochenen Silben. Die Kraft des Willens und die Unfähigkeit der Ausführung kämpfen immer heftiger gegen einander. Die Verwirrung, die sich schon von vorn herein eingestellt hat, erhöht sich häufig noch auf diese Weise. Jene Anarchie der Sprachwerkzeuge führt dann im Allgemeinen zu dem, was wir Stottern nennen.

Man sieht leicht, daß der Fehler von dem Verhältnisse, in dem die Nerven zu den Stimmorganen stehen, ausgeht. Alle einzelnen Theile können dabei ihre regelrechten Formen besitzen. Es erklärt sich hieraus, weshalb häufig ein Stotternder die Buchsta-

den für sich vollkommen gut ausspricht, in dem Flusse der Rede dagegen anstößt. Sind aber auch einzelne seiner Sprachwerkzeuge mit Formfehlern behaftet, so können diese nur ursprünglich die Aussprache mancher Buchstaben in regelwidriger Weise ändern. Sie sind höchstens im Stande, das Stottern zu begünstigen. Der Hauptgrund des Fehlers liegt aber erst in der hinzutretenden Unordnung des Nerveneinflusses.

Die Nebenverhältnisse bekräftigen diese Ansicht. Ein Mensch, der die gesundesten Sprachwerkzeuge hat, der sonst in flüssiger Rede spricht, stottert leicht, so wie er in Verlegenheit geräth oder eine fremde, ihm minder geläufige Sprache gebraucht. Umgekehrt können Personen, die früher stotterten und dann das Hochdeutsche rein aussprechen gelernt haben, in ihren alten Fehler verfallen, wenn sie den Volksdialekt ihrer Heimath von Neuem zu sprechen beginnen. Manche Menschen reden gut, so lange sie allein sind, stottern dagegen, so wie sie in Gesellschaft sprechen sollen. Wie der Blinde an dem steilen Abhange ruhig und ohne Schwindel vorübergeht, weil er die Gefahr nicht erkennt und daher das Nachdenken seine zweckmäßigen Bewegungen nicht stört, so bildet auch häufig das Stottern eine bloße Folge der unzweckmäßigen Geistesthätigkeit. Manche Kranke der Art vergessen sich gleichsam, wenn ein lebhafter Gedankengang alle ihre Kräfte in Anspruch nimmt und reden daher dann wie gesunde Menschen. Personen, die sonst gut sprechen, verfallen oft umgekehrt in Stottern, weil ihr Gedankengang dem Ausdrucke des Gedachten voraneilt, ungefähr, wie sich Leute, in denen Idee auf Idee schnell folgt, häufiger verschreiben, oder öfter in mathematischen Formeln verrechnen. Es erklärt sich auch hieraus, weshalb jener Sprachfehler in einzelnen Menschen zeitweise eintritt, sich in anderen in Folge von Gewohnheit und unzweckmäßiger Nachahmung bleibend einnistet und endlich oft bei dem Singen, nach geistiger Aufregung und in dem Anfange der Berauschung ausbleibt.

Der Einfluß, den so die geistigen Regungen auf die Zweckmäßigkeit oder Unzweckmäßigkeit der Bewegungen ausüben, kehrt auch in anderen Körperthätigkeiten wieder. Wir fallen am Ehesten, wenn wir uns am Meisten vor der Gefahr des Weges fürchten. Sind wir gezwungen, einem Rhythmus zu folgen, so kann die Aufmerksamkeit, welche die regelmäßige Wiederholung derselben Bewegungen fodert, die sonst vorhandene Unordnung beseitigen. Wie der Stotternde ohne Fehler zu singen vermag, so kannte Colombat [1]) ein Mädchen, das bei dem gewöhnlichen Gehen hinkte, sich aber bei dem Tanze und selbst schon bei dem Taktschritte, wie jeder Gesunde, fortbewegte.

Verfallen die Sprachwerkzeuge in jene Anarchie, die das Stottern herbeiführt, so können zwei zum Theil entgegengesetzte Verhältnisse nach einander oder gleichzeitig zum Vorschein kommen. Die unpassende Einstellung macht es unmöglich, daß einzelne Laute regelrecht ausgesprochen werden. Während aber manche Theile der Sprachwerkzeuge in ihrem unzweckmäßigen Verhältnisse verharren, verfallen andere in krampfhafte Bewegungen, die das fruchtlose Bemühen der rechten Lautirung, so zu sagen, ergänzungsweise herbeiführt. Der immer mehr sich erhöhende Sturm, die immer verstärkten zwecklosen oder zweckwidrigen Zuckungen verbreiten sich oft um so weiter, je kräftiger das Streben, richtig zu sprechen, eingreift und je länger die vergebliche Arbeit fortgesetzt wird.

Manche Stotternde lautiren einzelne Vocale, die sich an andere schwierigere Consonanten anlehnen, auf eine zu volle oder zu wenig scharfe Weise. Die Töne erhalten dann etwas Grobes, springen oft aus der Tiefe in die Höhe über oder werden selbst für den Augenblick gänzlich unterdrückt. Können sie stoßend hervorgebracht werden, so verwandelt sich nicht selten a in ao, o oder ea, e in ea oder ei, i in ia oder ü. Das r und zum Theil das l stoßen auf viele Schwierigkeiten. g, k, ch, q werden undeutlich oder gehen in andere Laute über. Alle Buchstaben, in denen die hinteren Sprachwerkzeuge eine wesentliche Rolle übernehmen, begegnen Hindernissen, die aus einer gewissen Starrheit der ihnen entsprechenden Organe hervorgehen. Man hat daher auch diese Art des Stotterns unter der besonderen Benennung des gutturotetanischen Stammelns zu unterscheiden gesucht.

Die fruchtlosen Versuche, die hier gemacht werden, können schon leicht zu krampf-

[1]) Colombat de l'Isère, Dissertation sur le begaiement, ses causes, ses variétés, ses moyens curatifs, procedée de quelques considérations psychologiques et physiologiques sur la formation de la parole et sur l'origine des sons vocaux articulés. Strasbourg, 1836. 4. p. 36.

haften Wiederholungen führen. Sollen wir z. B. das Wort Lasten aussprechen, so fodert das l, daß sich die hintere Hälfte der Zunge zweckmäßig einstellt, daß sie aber ihre Lage, so wie das a kommt, wechselt und sich wieder in eine neue Stellung für st begiebt. Kann sie diese Bedingungen in dem Stotternden nicht erfüllen, so wiederholt sich das l krampfhafter Weise. Es kehrt gleichsam in jedem Versuche, das tiefe Kehl-a zwischen den beiden weiter nach vorn gelegenen Lauten einzuschalten, wieder. Der Stotternde bringt daher L-L-L-asten hervor. Die Kraft des Anstoßes bedingt es, daß die Töne in asten schärfer hervorspringen.

Diese krampfhafte Wiederholung gewinnt einen noch günstigeren Boden in dem vorderen Theile des Mundrohres, weil sich die Schwierigkeit des Ueberganges zu den Kehllauten mit der bedeutenderen Weite des Sprunges vergrößert. Stößt sich der Stotternde an dem Uebergange von Lippenbuchstaben in tiefer hinten auszusprechende Laute, so schaltet er fremdartige Töne, welche die laute gesonderte Aussprache der Lippenbuchstaben fodert, bei der Wiederholung von selbst ein. Er sagt daher Pe-Pe-Pein für Pein und be-be-berauchen für brauchen. Etwas Aehnliches kehrt oft für die Laute, in welchen die Vorderhälfte der Zunge eine wesentliche Rolle übernimmt, für d, g, t und k wieder. Gesellt sich aber hier eine stärkere Aspiration hinzu, so schleichen sich noch unangenehme Zischtöne ein. Soll das m am Anfange des Wortes lautirt werden, so findet der Mensch oft nicht den nöthigen Lippenschluß. Er bringt daher nur einen unbestimmten fremdartigen Kehllaut hervor oder läßt seine Lippen eine Reihe von Malen auf- und zuklappen, so daß ein unvollkommenes b oder p zu Stande kommt. Der Versuch, das n, s, t und dergl. am Anfange der Worte auszusprechen, führt oft zu ähnlichen fruchtlosen Bemühungen. Unvollkommene Anlaute von a, e oder u gehen häufig dem gelungeneren Anstoße voran. Ist endlich der Mensch im Stande, den Buchstaben, der den vorderen Mundtheilen gehört, hervorzubringen, so drückt er ihn nicht selten mit so starker Entladung hervor, daß sich fremde Laute einschleichen.

Man hat diese Unordnungen, die auf den krampfhaften wiederholten Zuckungen der vorderen Sprachwerkzeuge beruhen, als labiochoreisches Stottern unterschieden. Es ergiebt sich aber von selbst, daß schon der Ausdruck insofern unrichtig ist, als dieselbe Grunderscheinung in den hinteren und mittleren Sprachwerkzeugen wiederzukehren vermag. Es könnte auf den ersten Blick zweckmäßiger erscheinen, die Fehler, die aus der Starrheit der Sprachwerkzeuge hervorgehen, als tetanische, und die andern, die aus dem krankhaften Wechselspiele der Muskeln stammen, als choreische zu bezeichnen. Da aber beide gleichzeitig vorkommen und die eine Art die andere bedingen kann, so dürfte auch diese Sonderung einen nur untergeordneten Werth besitzen.

Die früheren Forscher suchten oft den vorzüglichsten Grund des Stotterns in dem Unvermögen, einzelne Consonanten hervorzubringen. Manche Neuere, wie Schultheß, schreiben den Fehler der Unmöglichkeit, die Vocale gehörig anzugeben, zu. Die oben angeführten Thatsachen lehren, daß der Grund des Uebels weder in dem einen, noch in dem anderen Mangel, sondern nur in der Unfähigkeit liegt, auf passende Weise und mit der nöthigen Schnelligkeit und Schärfe von der Vorbereitung, die ein Laut fodert, zu der, die ein anderer nöthig macht, überzugehen. Die Verwirrung erzeugt leicht eine krampfhafte Thätigkeit der Kehlkopfmuskeln. Die ungeordneten, bei den fruchtlosen Bemühungen wiederholten und durch sie verstärkten Stöße erhöhen den Uebelstand, bis endlich die rechte Reihenfolge gefunden und das Wort mit regelwidrigem Klange oder unangemessener Härte ausgestoßen wird.

Wie der Mensch, dem die Erstickung droht, eine immer größere Reihe von Muskeln in seiner Noth zu Hilfe zieht, so kehren oft ähnliche Erscheinungen in den Stotternden wieder. Die Gesichtsmuskeln verzerren sich auf unangenehme Weise; der Unterkiefer spielt in einem zu großen Bogen; die Muskeln des Halses und selbst die der Brust und der Glieder können an der krampfhaften Aufregung Theil nehmen. Der heftige Anstoß des Windes und die zu weite Oeffnung des Mundes begünstigen es leicht, daß der starke Luftstrom Speichel zum Munde herauswirft. Die Augen thränen bei den heftigeren Anstrengungen. Manche Kranke pressen Flüssigkeiten zu Mund und Nase im Augenblicke der höchsten Noth heraus. Schließt sich die Stimmritze krampfhaft, so kann das Gesicht, das sich schon während der früheren Bemühungen röthete, eine bläuliche Farbe annehmen. Hat einmal der Stotternde den rechten Gang seiner Sprachwerkzeuge wiedergefunden, so redet er bisweilen rascher, als sonst.

Männer stottern häufiger, als Frauen. Colombat [1]) nimmt schätzungsweise an, daß je ein mit diesem Uebel behafteter Mensch unter 2500 Personen männlichen und erst unter 20,000 weiblichen Geschlechtes in Frankreich gefunden wird. Die stärkere Entwickelung des männlichen Kehlkopfes und die größere Starrheit der Muskeln trägt wahrscheinlich nicht wenig zu diesem Mißverhältnisse bei. Der Hauptgrund dürfte aber darin liegen, daß die Frau aufmerksamer auf sich ist, sich solche Sprachfehler schwerer angewöhnt, und sie, wenn sie sie besitzt, eher abzulegen oder zu verbergen sucht.

Der größte Theil der oft mit vieler Zuversicht angepriesenen Mittel, die das Stottern heilen sollen, beruht auf einseitigen Vorstellungen, die man sich über das Wesen des Uebels gemacht hat. Berücksichtigt man aber, daß Mißbildungen einzelner Theile der Sprachwerkzeuge höchstens die Gelegenheitsursache des Stotterns abgeben, daß aber der Hauptgrund in den verwickelteren Nerventhätigkeiten liegt, so ergiebt sich von selbst, daß viele jener vorgeschlagenen Heilmittel ihr Ziel verfehlen müssen. Hierher gehören der Gebrauch von zusammenziehenden Spühlwassern, die Einreibung von Crotonöl in die Gegend des Kehlkopfes, die Lösung des Zungenbändchens (Guy de Chauliac, Colombat), die höchstens die fehlerhafte Aussprache einzelner Buchstaben verbessern kann (§. 3201 fgg.), die Anlegung der Zungenspitze (Mad. Leigh), oder des Zungenrückens (Malbouche) an den harten Gaumen, die Unterfütterung der Zunge mit einem Holz- oder einem Metallstücke, die Einkapselung der Zähne mit Blech, die gleichzeitige ausdrucksvolle Bewegung der Finger und die Durchschneidung des Kinnzungenmuskels (Genioglossus) (*a* Fig. 134.). Die Trennung dieses Muskels muß um so eher verworfen werden, als der Eingriff selbst mit der Gefahr starker Blutungen verbunden ist, das Ganze auf unphysiologischen Voraussetzungen beruht und für die Dauer nicht zum Ziele führen kann. Sollte ein Stotternder auf diesem Wege wahrhaft geheilt worden sein, so kann dieses nur durch den psychischen Einfluß, den der blutige Eingriff herbeiführt, erklärt werden.

Der Vorschlag, Kranke der Art in demosthenischer Weise immer schwierigere Worte stufenweise in rhythmischen und melodischen Reihen aussprechen zu lassen, verdient eher Beachtung. Dasselbe gilt von dem Verfahren von Arnoth, Personen, die vorherrschend gutturotetanisch stottern, dieselben Vocallaute viele Male hinter einander wiederholen und z. B. Be-e-esen statt Besen sagen zu lassen. Diese Uebung hat zum Zweck, die Stimmritze, die Stimmbänder und die vor ihnen liegende Theile so einzuüben, daß Vocaltöne auf schwierige Lippenlaute unmittelbar folgen können. Leidet der Kranke vorzugsweise an labiochoreischem Stottern, so erleichtert man ihm den Uebergang in die regelmäßige Thätigkeit, wenn man ihm im Anfange gestattet, im Beginn der Worte ebl statt bl, pf statt f anzugeben und diese Laute mehr und mehr mildern läßt, bis der rechte Anschluß möglich wird. Das labiochoreische Stottern könnte nach Müller's [2]) Ansicht am Ehesten gehoben werden, wenn man den Leuten Worte zu lesen gäbe, in denen b, d, g, p, t, k gänzlich fehlen und in welchen sich die Vocale an f, ch, sch, s, r, l, m, n, ng anlehnen. Die Buchstaben müßten dann mit scharfem Tone und möglichst gedehnt ausgesprochen werden.

Alle diese Vorschläge können in einzelnen Fällen und in manchen Beziehungen nützlich werden. Der Arzt muß aber jedes Mal sein Hauptaugenmerk auf die Art der geistigen Verwirrung, die dem Ganzen zum Grunde liegt, richten. Die Heilung muß eine der Persönlichkeit angepaßte pädagogische Erziehung bilden, die bald Unarten beseitigt, bald dem Kranken mehr Muth bei dem Sprechen giebt, bald ihn endlich durch den einzuhaltenden Rhythmus der Rede zerstreut oder gleichsam fesselt und vor Verirrungen bewahrt. Stotternde helfen sich bisweilen selbst dadurch, daß sie den Rhythmus ihrer Sprache mittelst des Tactschlages der Finger anzugeben suchen. Die schwierigsten Laute können allmählig durch immer schwerere Uebergangstöne ersetzt werden. Fehler der Einstellung fodern endlich die nöthige gymnastische Uebung der Theile und nur in den seltensten Fällen mechanische oder schmerzhafte chirurgische Eingriffe.

Ueber das Stottern und dessen Heilmethoden vergl.: R. Schultheß, das Stammeln und Stottern. Zürich, 1830. 8. Colombat, a. a. O. p. 41 — 54. und Dessen Orthophonie oder Physiologie und Therapie des Stotterns und anderer Sprachgebre-

[1]) Colombat, a. a. O. p. 54.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. S. 243.

chen. Nach der zweiten Originalausgabe und deren Ergänzungsschrift bearbeitet von H. E. Flies. Quedlinburg und Leipzig, 1840. 8. F. Blume, Neueste Heilmethode des Stotternübels. Quedlinburg und Leipzig, 1841. 8. H. Klencke, Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie, Mikrologie und wissenschaftlichen Medicin. Bd. II. Leipzig, 1843. 8. S. 111 — 166. J. Dietl, in der Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien. Bd. III. Wien, 1847. 8. S. 199 — 228.

Bauchreden. — Wir unterscheiden den Ort, wo die gewöhnliche Sprachstimme herkommt, um so deutlicher, je näher der Redner uns steht, je weniger der Schall von dazwischen liegenden Gegenständen abgelenkt oder gedämpft wird und je mehr der Ton der Rede, die sichtbaren Bewegungen der Sprachwerkzeuge und andere ähnliche Zeugnisse unser Urtheil unterstützen. Fehlen diese leitenden Zeichen, so täuschen wir uns sehr leicht. Vorurtheile können dann noch die trügerischen Anregungen unserer Phantasie unterstützen.

Die Bauchredner benutzen diese Verhältnisse, um uns glauben zu machen, daß eine fremde Person an einem fernen Orte spreche oder daß sich zwei verschiedene Menschen wechselseitig unterhalten. Da ihre Stimme eine halbe bis eine ganze Octave höher, als gewöhnlich ist, und überdieß einen eigenen feinen Klang besitzt, so täuscht sie um so leichter rücksichtlich ihrer Entfernung. Der Bauchredner verschluckt dabei einzelne Laute und vermeidet vorzüglich alle Lippenbuchstaben, welche den Sprechenden dem Auge des Beobachters am Leichtesten verrathen. Ist man aber einmal in dem Irrthume befangen, so leitet man wieder eher diese Unvollkommenheiten von der Entfernung, als von ursprünglichen Sprachfehlern her.

Manche Bauchredner bedecken sich das Gesicht mit einem Tuche, damit nicht das Mienenspiel das Urtheil des Zuhörers berichtige. Andere dagegen haben diese Vorsicht nicht nöthig, weil sie die Lippen gar nicht bewegen oder die Unterlippe mit der Oberlippe möglichst stark decken.

Man kennt noch nicht mit hinreichender Sicherheit die Mechanik, durch welche das Bauchreden zu Stande kommt. Nur so viel ist gewiß, daß dann der Mensch möglichst tief einathmet, daß sein Kehlkopf heruntersteigt und die Bauchdecken in hohem Grade aufgebläht werden. Die Nasenlöcher können nach Autenrieth in einzelnen Bauchrednern ohne Nachtheil geschlossen werden. Eben so gewiß ist es, daß die Haupturſache der Täuschung in der Höhe und der Dämpfung der Stimme und nicht etwa bloß, wie Montegre annahm, in den ungewöhnlichen Verhältnissen, die das Auge des Zuschauers erblickt, liegt.

Die Angaben der einzelnen Schriftsteller widersprechen sich dagegen insofern, als die einen den Bauchredner während der Einathmung und die anderen ihn während der Ausathmung reden lassen. Joh. Müller [1]) nimmt an, daß der Mensch tief einathmet und dann die Töne sehr langsam bei enger Stimmritze, während er nur mit den Brustwänden und nicht mit dem Zwerchfelle ausathmet, hervorbringt. Richerand und Fournier haben auch früher schon diese Ansicht getheilt. La Chapelle und Haller [2]), Magendie und Mayer [3]) dagegen betrachten die Laute, die der Bauchredner hervorbringt, als Einathmungstöne. Liskowius [4]) bemerkt, daß ihn ein Bauchredner von der Richtigkeit dieser Ansicht durch unmittelbare Anschauung überzeugt habe. Dieses würde insofern stimmen, als auch die Töne, die jeder Mensch bei dem Einathmen hervorbringt, ungefähr um eine halbe bis eine ganze Octave höher liegen, als die, die ihm während des Ausathmens möglich werden (§. 3228.).

3229 **Künstliche Sprachmaschinen.** — **Viele dieser Vorrichtungen, die in älteren Zeiten als Merkwürdigkeiten gezeigt wurden, beruhten, wie man weiß, auf Betrug. Ein im Innern versteckter Mensch führte das Wort. Die glücklicheren werthvollen Versuche, die Laute der menschlichen**

---

[1]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. II. 8. 240.
[2]) Alb. ab Haller, De c. h. fabrica et functionibus. Tom. VII. p. 319.
[3]) Mayer, Litterarisches Archiv der Academie zu Bern. Bd. IV. Bern, 1817. 8. Seite 68 — 83.
[4]) Liskowius, Physiologie der Stimme. S. 50.

Stimmwerkzeuge mittelst eines berechneten todten Apparates nachzuahmen, beginnen mit Kratzenstein (1770). Sie wurden später von Kempelen, Willis und Faber fortgesetzt.

Die von Kempelen [1]) verfertigte und beschriebene Sprachmaschine, die einen bedeutenden Ruf erlangte, bestand im Wesentlichen aus einem nach Art eines Clarinettenmundstückes eingerichteten Zungenwerke, das Baß- oder Falsettöne hervorbrachte, einer Windlade, einem Blasebalg, einem Ansatzrohr, das der Mundhöhle, und zwei Nebenröhrchen, die den Nasenhöhlen entsprachen. Man konnte an ihr ganze französische und italienische Sätze, wie Je vous aime de tout mon coeur, und selbst einzelne deutsche Worte abspielen.

Die noch nicht genauer bekannte Vorrichtung von Faber [2]) zeichnet sich durch größere Vollkommenheit aus. a, e, i, o, u, r, l, w, f, s, tsch, b, d, g entsprechen besonderen Tasten. Zwei Hilfstasten, von denen die eine auf die Stimmritze und die zweite auf das Nasenrohr wirkt, werden für die übrigen Consonanten in Gebrauch gezogen. Die erste giebt dann h an und verwandelt g in k. Die zweite ändert b und d in m und n um. Die Sprache, die man erhält, hat zwar keinen angenehmen Klang Man kann aber das, was sie sagt, mit vieler Deutlichkeit auffassen.

Abhängigkeit der Sprache von der Vollkommenheit des 3230
Gehörs. — Wie der Geist die Auswahl der Worte und den Nachdruck, den wir jedem von ihnen ertheilen, bestimmt, so hängt die Melodie und selbst die Mechanik der Sprachlaute von dem Gehör ab. Ein Mensch, der die musikalischen Töne gut auffaßt, sucht auch unwillkührlich eine gewisse Harmonie seiner Rede zu verleihen. Geistvolle Personen erreichen oft genug dasselbe Ziel, ohne daß ihr Ohr jene Feinheit der Auffassung oder ihre Stimme die Fertigkeit des Gesanges besitzt.

Jede Sprache verräth gewissermaßen durch ihren Wohlklang die musikalische Ausbildung, deren ihr Volk fähig ist. Sie besitzt überdieß ihren eigenthümlichen Accent, der dann den Sprachwerkzeugen geläufig wird. Es erklärt sich hieraus, weshalb er immer noch durchklingt, wenn sich auch der Mensch in einem ihm fremden Dialekte ausdrückt. Die Länge oder Kürze, die schärfere oder schwächere Betonung, mit der ein Buchstabe oder eine Silbe angegeben wird, führt dann zu Uebergangslauten und zu Verwechselungen, welche die veränderte Mechanik der Sprachwerkzeuge nothwendiger Weise herbeiführen (§. 3159.). Die Physiologie kann daher allein nachweisen, weshalb sich ein Wort in ein anderes bei dem Uebergange in eine zweite Sprache umwandelt.

Verliert ein Kind sein Gehör in dem fünften bis achten Lebensjahre, 3231
oder in noch zarterem Alter, so büßt es auch nach und nach seine Sprache ein. Die Fertigkeit, die Laute nachzubilden, verschwindet allmählig mit der Unfähigkeit, ihren Klang aufzufassen. Das Gleiche kann sich in Er-

[1]) Kempelen, a. a. O. S. 388 — 456.
[2]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. 58. Leipzig, 1843. 8. Seite 175. 176.

wachsenen wiederholen. Hören sie nur schwer, so wissen sie häufig nicht das nöthige Maaß einzuhalten. Sie bewegen ihre Lippen oder die übrigen Sprachwerkzeuge auf eine viel zu ausdrucksvolle Weise und verfehlen häufig die nöthige Tonstärke, indem sie bald zu leise sprechen, bald dagegen, wie wenn auch die Zuhörer taub wären, schreien. Es kommt dagegen im Ganzen seltener vor, daß ihre Töne plötzlich aus der Bruststimme in die Fistel überspringen.

3232 Hat ein Erwachsener sein Gehör gänzlich eingebüßt, so wird nach und nach seine Sprache undeutlicher und lallender. Zeichnete sich nicht sein Geist von je her durch eine besondere Regsamkeit und Spannkraft aus, so vergißt er bald eine Reihe von Wörtern. Sein Sprachschatz wird immer ärmer. Die Beweglichkeit der Theile, die der Rede dienen, verliert immer mehr an Feinheit, bis endlich nur einzelne unverständliche Laute hervorgebracht werden. Es ereignet sich auf diese Weise, daß Kranke der Art 10 bis 12 Jahre, nachdem ihr Uebel begonnen hat, vollkommen stumm sind.

Taubstummheit. — Der ursprüngliche Fehler der Taubstummen liegt nicht in ihren Sprachwerkzeugen, sondern in ihrem Gehörorgane. Haben auch viele von ihnen die Fähigkeit des Gehörs nicht gänzlich verloren, so wirkt doch der Umstand, daß sie von Kindheit auf die gewöhnlichen Laute nicht auffassen, so nachtheilig, daß ihre Sprachwerkzeuge die nöthige Uebung nicht von selbst vornehmen. Sie bleiben daher auch in ihrer Entwickelung zurück und verfallen auf diese Weise in eine Reihe von Formfehlern, die jedoch nur eine untergeordnete Bedeutung besitzen.

Halten wir uns an die Untersuchungen von Mansfeld, so haben die meisten Taubstummen eine flache Brust und unvollkommen entwickelte Lungen. Sie müssen daher bei größeren Anstrengungen häufiger, als gesunde Menschen, einathmen, und verfallen nicht selten in Schwindsucht, so wie sich ihre Geschlechtsentwickelung eingeleitet hat. Der Kehlkopf bildet sich in geringerem Maaße aus. Er gleicht daher in Männern dem gesunder Frauen und steht in weiblichen Taubstummen am Halse nur wenig vor. Das Zäpfchen besitzt selten regelrechte Formen. Es ist bald zu groß und verkrümmt, bald dagegen nur warzenartig gestaltet, es hat eine beschränkte Beweglichkeit oder stellt sich bei der geringsten Gelegenheit schief. Das meist kleine Gaumensegel hält sich in der Regel nahe dem harten Gaumen. Dieser ist auffallend flach oder selbst ausgehöhlt. Die Zähne stehen oft schief oder lassen zu große Lücken zwischen sich übrig. Die Zunge ist zu lang, zu breit oder zu dick. Die Mandeln vergrößern sich leicht in regelwidriger Weise.

Man kann natürlich nur die Taubstummen reden lehren, indem man ihnen die Bewegungen, die jeder Laut fodert, vormacht und so stufenweise von dem Leichteren zu dem Schwereren übergeht [1]). Da aber viele Veränderungen von den verborgeneren Theilen der Sprachwerkzeuge ausgehen, da überdieß die Beurtheilung, die das Gehör möglich macht, mangelt, so bleibt die Sprache dieser Unglücklichen immer unvollkommen. Sie eignet sich höchstens, kurze Sätze in oft unmelodischen Lauten und mit unregelmäßigen Kraftansätzen wiederzugeben, ist aber nicht im Stande, die Foderungen einer angenehmen und lange fortgesetzten gesellschaftlichen Unterhaltung zu befriedigen.

---

[1]) Vgl. z. B. V. A. Jäger und G. A. Riecke, Anleitung zum Unterricht taubstummer Kinder in der Sprache und anderen Schullehrgegenständen, nebst Vorlegeblättern, einer Bildersammlung und einem Lese- u. Wörterbuch Stuttgart, 1832. 8. S. 51 fgg.

Lehrbuch

der

Physiologie des Menschen.

Für

Aerzte und Studirende.

Zweiter Band.

Zweite Abtheilung.

Lehrbuch

der

Physiologie des Menschen.

Für

Aerzte und Studirende.

Von

Dr. G. Valentin,
ordentl. Professor der Physiologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Bern.

Zweiter Band.

Zweite Abtheilung.

Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1848.

Sinnesempfindungen.

Da der Stoffwandel von der Eigenschaften der Körper, mit denen un- 3233
sere Gewebe in Berührung kommen, abhängt, so können sich schon viele Verhältnisse der Außenwelt durch seine Vermittelung geltend machen. Die zweckmäßige Einrichtung des Organismus fordert es aber, daß der größte Theil jener Wirkungen nicht unmittelbar zu unserem Bewußtsein gelangt, daß wir zwar früher oder später den Erfolg, nicht immer aber die Ursache, die ursprüngliche Art und den allmäligen Wechsel der Veränderung kennen lernen (Bd. I. 32 und §. 402 ff.). Viele der zarteren Bedingungen kommen hierbei gar nicht in Betracht. Andere verrathen sich erst, wenn ihnen die Dauer oder die Stärke der Thätigkeit den nöthigen Grad von Einfluß verliehen hat. Könnten wir aber selbst den Stoffwandel Schritt für Schritt in unserem Bewußtsein verfolgen, so müßte immer noch der Kreis unserer Kenntnisse beschränkt bleiben. Er verriethe uns im günstigsten Falle nur einen kleinen Theil der Erscheinungen. Er wäre nie im Stande, uns von den Beziehungen, in denen die Körper der Außenwelt nicht bloß zu unseren Geweben, sondern auch unter einander stehen, Nachricht zu geben.

Die Sinne führen in dieser Hinsicht um Vieles weiter. Das Auge 3234
empfindet die Schwingungen feiner Atome, welche die unendlichen Räume des Weltalls durchdringen, und das Ohr die Wellenerschütterungen der wägbaren Körper unseres Erdballes. Der Geruch und der Geschmack unterrichten uns von Eigenschaften, für welche die Physik noch keine bildliche Anschauungsweise gefunden hat. Die mechanischen Wirkungen, viele Einflüsse der Wärme und zum Theil der Elektricität sind den Tastwerkzeugen oder vielmehr den Nerven, welche die verletzendsten Eingriffe durch Schmerz, die leiseren durch andere Empfindungen verrathen, anheimgestellt.

Kein Grund kann zu der Annahme führen, daß uns unsere fünf 3235
Sinne von allen möglichen Einflüssen der Körperwelt Rechenschaft geben. Ein sechstes wesentlich neues Sinneswerkzeug würde ohne Zweifel den Kreis unserer Kenntnisse unendlich erweitern und unsere ganze Anschauungs-, Sprach- und Denkweise durchgreifend verändern.

3236 Betrachten wir die Wege, auf denen die Physik ihre tiefsten Wahrheiten und gleichsam die Krone ihres Wissens, nämlich die mathematische Erkenntniß der Wellenbewegungen der wägbaren und unwägbaren Stoffe gewonnen hat, so finden wir, daß sich die Grunderscheinungen nicht in der unmittelbaren Erfahrung, sondern durch die Vermittelung schrittweise fortschreitender Schlüsse verrathen haben. Wir sehen nicht die Theilchen des Lichtäthers, den wir als Ausgangspunkt des Ganzen hypothetisch annehmen müssen. Wir erblicken nicht, wie die Molecüle desselben hin- und herschwingen, wie sich ihre zusammentreffenden Wellen mit der Verschiedenheit ihrer Richtung verstärken, schwächen oder aufheben. Unser Auge giebt uns aber wenigstens den Eindruck der Finsterniß oder des Lichtes, je nachdem Ruhe oder Bewegung vorhanden ist. Es zeigt uns Farben, die mit der Länge der Wellen und der Zahl der Schwingungen wechseln. Das Ohr benachrichtigt uns von den gleichen Veränderungen, die sich in den wägbaren elastischen Körpern einleiten. Wir rechnen mit den Bedingungen, nicht aber mit den ursprünglichen Erscheinungen.

3237 Der Wechsel, der allen diesen Wahrnehmungen zum Grunde liegt, bezieht sich nur auf die Verhältnisse des Raumes und der Zeit. Diese beiden Glieder umgrenzen das Gebiet, in dem sich unsere Sinne und unser Gedankengang frei bewegen können. Wir haben kein Werkzeug, das uns die sogenannten inneren Veränderungen der Materie verriethe. Wir sind daher genöthigt, verschiedene Atome der wägbaren und unwägbaren Stoffe anzunehmen, oder richtiger gesagt, frei zu bekennen, daß wir die Bedingungsglieder, die eben jene Abweichungen herbeiführen, nicht auffassen. Es wäre möglich, daß eine größere Vollkommenheit unserer Sinne und unserer geistigen Thätigkeit jene Grenzmauer der Erkenntniß umstürzte, daß wir dann einsehen würden, wie eine Art von Atomen das Weltall durchdringt und daß dasjenige, was wir unserer Auffassung gemäß als Lichtäther, Wärmeatmosphären, magnetische oder elektrische Flüssigkeiten und Molecüle wägbarer Stoffe bezeichnen, bloße Folgen verschiedener Beziehungen der gegenseitigen Verhältnisse derselben Masse ausmachen.

3238 Besäßen die Thiere keine Empfindungswerkzeuge, so würde sie zwar die Eigenthümlichkeit ihrer Gewebe von den Pflanzen unterschieden haben. Ihre selbstbewußte Thätigkeit hätte sie aber nicht auf die höchste Stufe der Erdgebilde erheben können. Hätte das thierische Geschöpf ein Nervensystem und keine Sinnesorgane, so würde es ein in sich abgeschlossenes Wesen, das seine Eindrücke nicht mittheilen und die von Fremden nicht empfangen könnte, dargestellt haben. Die Sinne bilden so die Brücke, die sich von der Außenwelt in unser geistiges Innere hinüberzieht. Sie erweitern und befruchten nicht bloß das Gebiet unserer Gedanken, sie liefern ihnen erst vielmehr den Boden, auf dem sie die Sicherheit ihrer Grundlage und die Schärfe ihrer Umrisse zu gewinnen vermögen.

3239 Keines unserer Sinneswerkzeuge giebt uns eine wahrhaft objective Belehrung. Die Lichtstrahlen der sichtbaren Gegenstände, die unser Auge treffen, pflanzen sich in der ihrer Ablenkung entsprechenden Richtung und

Geschwindigkeit bis zur Netzhaut fort. Sie erzeugen hier einen Eindruck, der wiederum längs der angeregten Fasern des Sehnerven zum Gehirn weiter geht und dort mittelst entsprechender Werkzeuge in Lichtempfindung übersetzt wird. Was wir Licht nennen, ist keine Eigenschaft der Körper, die gewisse farblose oder farbige Lichtstrahlen zurückwerfen. Es bildet nur den Ausdruck der bestimmten Gegenwirkung des Gehirns, die dem Einfluß der Schwingungen, einer unbekannten Anregung des Lichtäthers nachfolgt. Wir sind im Stande, uns gewisse Vorstellungen über die Bedingungen und die Art ihrer Thätigkeit zu bilden und sie der strengsten mathematischen Berechnung zu unterwerfen. Allein das Licht selbst kehrt in allen Fällen als eine Größe wieder, die nur den Ausdruck einer Erscheinung bildet, die unser Fassungsvermögen überschreitet, und von einer entsprechenden subjectiven Gegenwirkung ersetzt wird. Dasselbe wiederholt sich für die übrigen Sinneswerkzeuge. Wir sind daher immer in den Kreis unserer eigenen Empfindungen gebannt und kommen nie zu einer wahrhaft objectiven Erkenntniß der Außenwelt.

Wir werden in der Folge bemerken, daß nicht alle farbigen Strah- 3240
len, in die sich das farblose Licht bei seiner einmaligen Brechung zerlegen kann, unsere Netzhaut treffen. Wir sehen daher weniger, als wir sehen könnten, wenn dieses Hinderniß hinwegfiele. Verhältnisse der Art bilden eine Unvollkommenheit. Sie bedingen aber keinen Fehler, weil sich ihre Einflüsse unter allen Beziehungen wiederholen. Ein Irrthum, der überall wiederkehrt, führt zu keinem Widerspruche, zu keiner Verwirrung. Die Drehung der Erde entgeht ebenfalls unserer unmittelbaren Beobachtung, weil sich alle Gegenstände unserer nächsten Umgebung in gleicher Weise fortbewegen.

Man könnte auf den ersten Blick glauben, daß wenigstens die Em- 3241
pfindungen, die verschiedene Menschen haben, in ihren gegenseitigen Verhältnissen vollkommen übereinstimmen müssen, weil sonst keine Klarheit und Richtigkeit der Mittheilungen möglich wäre. Eine nähere Betrachtung lehrt aber bald, daß kein Grund selbst diese Annahme nothwendig macht. Faßt der Eine, wie es ausnahmsweise vorkommt, nur weißes Licht, der Andere hingegen außerdem noch die sieben Farben des Spectrums auf, so wird sich der Unterschied in den gewöhnlichsten Anschauungen verrathen. Jener ist nicht mehr zu sondern im Stande, was dieser auf das Schärfste trennt. Denken wir uns aber, der Erste erblickte eine ganz andere Reihe von Farben in dem Spectrum, als der Zweite, die gegenseitigen Beziehungen blieben aber unter allen Verhältnissen die gleichen, so würden sich die Abweichungen nie zu erkennen geben, wenn sich auch diese beiden Menschen ihre Empfindungen das ganze Leben hindurch unter den mannigfachsten Verhältnissen mittheilten.

Die Träger der Sinneseindrücke, die Nervenfasern und die Nerven- 3242
körper enthalten im Wesentlichen dieselben Grundstoffe in den verschiedensten Geschöpfen. Die Uebereinstimmung beschränkt sich jedoch nur auf einen gewissen Grad von Aehnlichkeit, sie erhebt sich dagegen nicht zu völliger Gleichheit. Wir können sogar mit vieler Wahrscheinlichkeit an-

nehmen, daß die einzelnen Wesen derselben Art ihre untergeordneten Eigenthümlichkeiten in dieser Hinsicht darbieten. Richten sich die Empfindungen nach solchen Verhältnissen, hängt gleichsam der Charakter der Uebersetzung von den Fähigkeiten des Uebersetzers ab, so werden sich nicht bloß absolute, sondern auch relative Unterschiede mit Leichtigkeit erzeugen. Die Auffassungen müssen sich dann in den Hauptbeziehungen gleichen, sie werden aber in den untergeordneten Verhältnissen abweichen. Die Betrachtung der Farbenerscheinungen kann uns zu der Ueberzeugung führen, daß dieses in der That der Fall ist.

3243 Zwei Hauptstücke, ein physikalischer Theil, der das Nöthige vorbereitet, und ein nervöser, der die Wirkungen aufnimmt und verarbeitet, kommen in jedem unserer Sinneswerkzeuge vor. Die Hornhaut, die wässerige Feuchtigkeit, die Linse und der Glaskörper brechen die Lichtstrahlen in zweckmäßiger Weise, bevor sie die Netzhaut selbst treffen. Das äußere Ohr, das Trommelfell, die Gebilde der Paukenhöhle und des Labyrinthes ändern die Schallwellen, die zum Gehörnerven gelangen sollen. Die Oberhaut mildert die mechanischen Eindrücke und die Wärmeeinflüsse der Gegenstände, damit eigenthümliche Tast- und keine Schmerzensempfindungen entstehen. Wir werden später finden, daß ähnliche Vortheile den Werkzeugen des Geruchs und des Geschmacks gestattet sind.

3244 Hat die Physik die Wirkungsart, für die ein Sinnesorgan bestimmt ist, genauer ermittelt, so kann die Physiologie die Thätigkeit der vorbereitenden Stücke auf dieser Grundlage weiter verfolgen. Die Sicherheit, mit der es geschieht, hängt von der Ausbildungsstufe der entsprechenden physikalischen Wissenschaft ab. Die Darstellung der optischen Verhältnisse des Auges hat daher die der akustischen des Ohres bei weitem überflügelt. Die Forschungen dagegen, die wir über die Thätigkeit der nervösen Gebilde anstellen, stoßen in allen Fällen auf dieselben Hindernisse, die sich der Erkenntniß der Nerveneinflüsse überhaupt entgegensetzen.

3245 Wir haben §. 3239. gefunden, daß erst besondere Werkzeuge des Gehirns die Lichtempfindung erzeugen. Die Erfahrung lehrt, daß sie immer, so wie jene Hirngewebe unmittelbar oder durch Vermittelung des Sehnerven angeregt werden, zu Stande kommt. Ruft das Licht noch andere Wirkungen hervor, verkürzt sich z. B. die Regenbogenhaut, so daß das Sehloch in seiner Größe wechselt, so kann dieses auf dem Wege der Uebertragung möglich werden. Die Veränderung, welche die Lichtwellen veranlassen, pflanzt sich von der Netzhaut auf das Hirnorgan des Sehens fort. Sie führt auf diese Weise die Wahrnehmung der Lichterscheinung herbei. Die Unruhe theilt sich aber im Gehirn denjenigen Werkzeugen, welche die Bewegungen der Regenbogenhaut leiten, mit. Geschieht dieses nicht oder ist die Verbindungsbahn an irgend einer Stelle unterbrochen, so sieht der Mensch, ohne daß das Sehloch seinen Durchmesser wechselt.

3246 Jede Nervenfaser vermittelt zunächst nur diejenige Thätigkeit, welche den ihr entsprechenden Centralwerkzeugen zukommt. Diese können aber wiederum andere Gewebe der Centralorgane anregen. Die Wellen, die den Sehnerven treffen, werden daher vor Allem nur Lichtempfindung, die

des Hörnerven bloße Schalleindrücke in dem gesunden Körper hervorrufen. Es ist möglich, daß sich Bewegungen hinzugesellen. Sie werden aber nicht von dem Sehnerven und nicht unmittelbar von dem entsprechenden Hirnwerkzeuge, sondern von der mitgetheilten Thätigkeit anderer Wirkungsmittelpunkte zu Stande gebracht.

Die Nervenlehre sucht dieses Gesetz dadurch auszudrücken, daß sie 3247
behauptet, jede Nervenfaser wirke in einer ihr eigenthümlichen Thätigkeit oder in einer besonderen Energie. Der Sehnerve erzeugt so einzig und allein den Eindruck des Lichtes, der Hörnerve den des Schalles, der empfindende Nerve den des Tastens oder des Schmerzes, während die bewegenden Nerven der Verkürzung ausschließlich dienen. Man sieht aber leicht, daß man hier eine Eigenschaft, die den einzelnen entsprechenden Centralwerkzeugen zukommt, auf die Nerven selbst überträgt. Wären die Fasern des Hörnerven von Centralgebilden, die Muskelbewegungen vermitteln, beherrscht, so würden die Erschütterungen, welche die Schallwellen bedingen, vor Allem Zuckungen herbeiführen. Die Gehörsempfindung könnte erst auf dem Wege der Uebertragung zu Stande kommen.

Die Lichtwellen, die von äußeren Gegenständen oder von Theilen un- 3248
seres eigenen Auges auf die Netzhaut geworfen werden, bilden nicht die einzigen Erreger der Lichtempfindung. Andere Reize, wie Druck oder Stoß, Wärme und Elektricität, die den Sehnerven oder dessen Centralwerkzeug treffen, können sie ebenfalls hervorrufen. Man sagt daher, daß die verschiedenartigsten Anregungen nur die besonderen Thätigkeiten des einzelnen Nerven oder richtiger des ihm gehörenden Centralorgans zu entwickeln im Stande sind. Die Art des Lichteindruckes, die Helligkeit oder Dunkelheit, die Verschiedenheit des Glanzes und der Farben wechseln unter gewissen Verhältnissen. Die Empfindung behält aber immer ihr allgemeines Merkmal, nämlich den Charakter des Sehens überhaupt, unverändert bei.

Diese Thatsache führt uns zu der Unterscheidung der *entsprechen-* 3249
den oder *adäquaten* und der *fremdartigen* oder *inadäquaten* Reize. Das Auge ist für die Aufnahme der Lichtwellen bestimmt. Diese stellen mithin die entsprechenden Anregungen des Sinneswerkzeuges dar. Galvanisiren wir dagegen den Sehnerven und bedingen wir hierdurch die Wahrnehmung von Flammenbildern, so haben fremdartige Einflüsse die Lichtempfindung herbeigeführt.

Die Elektricität oder der Magnetismus kann als kein entsprechender 3250
Reiz für irgend eines unserer Sinneswerkzeuge angesehen werden. Wir bemerken nie unmittelbar, wie sich die Atome verändern, wenn Wärmeeinflüsse oder chemische Anziehungen ihre gegenseitigen Verhältnisse wechseln lassen. Es ergiebt sich hieraus, daß wir nicht je einen besonderen Sinn für jede der wesentlich verschiedenen Wirkungsarten der Molecüle der wägbaren und der unwägbaren Stoffe besitzen.

Die Einflüsse, für welche die einzelnen Sinne bestimmt sind, schließen 3251
sich gegenseitig nicht aus. Dieselbe Masse oder die gleiche Veränderung kann vielmehr die eigenthümlichen Empfindungen zweier Sinneswerkzeuge

anregen (vergl. §. 3369.). Ist ein löslicher Körper im Stande, riechende Dünste in die Nasenhöhle zu senden, so schmecken und riechen wir ihn zu gleicher Zeit. Wir fühlen nicht selten die Erschütterungen, die als Töne in unserem Ohre wiederklingen. Das Licht, das unser Auge zum Sehen führt, erwärmt auch unsere Haut. Diese doppelte Art der Wahrnehmung findet aber bald ihre Grenzen. Viele Körper, die eigenthümlich riechen, lassen unsere Geschmackswerkzeuge unberührt und umgekehrt. Wir sehen noch Lichtstrahlen und hören noch Schallwellen, die unsere Tastwerkzeuge nicht mehr verrathen.

3252 Betrachten wir die Grade des Empfindungsvermögens, mit denen das Auge und das Ohr ausgestattet worden, so gelangen wir zu der Ueberzeugung, daß eben die Feinheit ihrer Auffassung den wahren Werth ihres Daseins bestimmt, daß es deshalb kein Ueberfluß ist, wenn sie die gleichen Veränderungen, die unsere Haut schon anzeigt, in eigenthümliche Wahrnehmungen übertragen. Fühlen wir auch die Erschütterung einer schwingenden Luftsäule oder eines bebenden festen Körpers, so können wir doch nur sehr große Verschiedenheiten der Stärke und der Schnelligkeit unterscheiden. Das Ohr giebt uns aber sogleich die Höhe der Töne an, d. h. wir bemerken mittelst dieses Sinnes Verschiedenheiten der verhältnißmäßigen Schwingungszahlen, die wir sonst nicht aufzufassen im Stande wären. Hören wir z. B., daß *d* höher als *c* ist, so heißt dieses, daß wir noch zwei Töne, von denen nur der eine um $\frac{1}{8}$ mehr Schwingungen, als der andere macht (§. 3044.), zu trennen im Stande sind. Wir bemerken aber dieses noch in dem tiefsten Baß, wie in dem höchsten Sopran. Es ist mithin im Wesentlichen gleichgültig, ob das zum Grunde liegende *c* 132 oder 2112 Schwingungen in der Secunde macht. Die gegenseitigen Hauptbeziehungen werden immer noch wahrgenommen (§. 3125.).

Das Farbensehen führt zu ähnlichen Verhältnissen. Wir werden in der Folge finden, daß die Farben von der Schwingungszahl und deshalb auch von der Länge der Lichtwellen herrühren. Das äußerste Violett, das unser Auge auffaßt, giebt ungefähr $\frac{1}{24}$ mehr Schwingungen, als das gewöhnliche Violett. Ein irgend geübtes Gesichtswerkzeug unterscheidet diese beiden Farben mit Leichtigkeit. Die Länge einer Lichtwelle jenes äußersten Violettes gleicht $\frac{1}{2463}$ eines Millimeters. Durchläuft nun das Licht 283131000 Meter in der Secunde (Bd. I. §. 250.), so werden die eben erwähnten Lichtwellen 697,000 mal in dem millionteſten Theile einer Secunde schwingen. Das Auge unterscheidet daher verhältnißmäßige Abweichungen von Schwingungszahlen, deren absolute Größen auf den ersten Blick die unglaublichsten Ergebnisse der mathematischen Rechnung bilden.

3253 Einzelne Forscher sondern die Berührungs- oder die Contactsinne von den Fern- oder Distanzsinnen. Das Auge unterrichtet uns von den Licht- und den Farbenverhältnissen der Körper, welche größere oder kleinere Abstände von seiner Oberfläche trennen. Das Ohr verräth die Erschütterungen, die ursprünglich in fernen Massen angeregt werden. Die Zunge dagegen kann nur diejenigen Lösungen, die mit ihr unmittelbar in Berührung kommen, schmecken, und die Haut die Körper,

an denen sie dahingleitet, betasten. Riechen wir auch den Duft einer Blume, den eine Luftschicht von unserer Nasenschleimhaut entfernt hält, so nehmen wir doch nur die verflüchtigten Dämpfe, die wir mit unserem Athem einziehen, wahr.

Man sieht leicht, daß dieser Unterschied auf schwankenden Grundlagen 3254
ruht und sich mehr auf den Erfolg oder den Wirkungskreis, als auf das Wesen der Erkenntniß bezieht. Ein und derselbe Sinn kann scheinbar in beiden Richtungen thätig sein. Fühlen wir den mechanischen Widerstand eines Körpers, so arbeitet unsere Haut als Berührungssinn. Empfängt sie dagegen die strahlende Wärme einer fernen Masse, so stützt sich das Urtheil auf die Wirkung eines Fernsinnes. Die Verschiedenheit fällt aber gänzlich hinweg, so wie wir die Verhältnisse genauer zergliedern. Sehen wir das Blatt eines noch so weit abstehenden Baumes, so sind es doch immer nur die farbigen zurückgeworfenen Lichtstrahlen, die unsere Netzhaut zunächst anregen. Erst diese unmittelbare Berührung macht die Empfindung selbst möglich. Das Gleiche gilt von den Schallwellen, den riechenden Dämpfen und den Wärmestrahlen. Eine wahre Wirkung in die Ferne, wie sie die gegenseitige Massenanziehung der Sonne und der Planeten darbietet, kommt in keinem unserer Sinne vor.

Liegt die ursprüngliche Veränderung, welche den Eindruck herbeiführt, 3255
außerhalb unseres Körpers, so sprechen wir von *objectiven Sinneserscheinungen*. Wir nennen sie *subjectiv*, wenn dieses nicht der Fall ist. Erblicken wir einen fernen Gegenstand oder hören wir den Ton einer klingenden Saite, so haben wir Thätigkeiten der ersteren Art. Das Funkensehen dagegen, das einem Schlage auf das Auge folgt, das Ohrensausen, welches der Blutandrang nach dem Kopfe hervorruft, gehört zu den subjectiven Sinnesempfindungen.

Da die Sinne vor Allem ihrer objectiven Wirkung wegen geschaffen 3256
sind, so versteht es sich von selbst, daß die meisten, auf diesem Wege erregten Empfindungen von entsprechenden und nicht von fremdartigen Reizen (§. 3249.) ausgehen. Wir würden aber irren, wenn wir diesen Satz zu einer allgemein durchgreifenden Norm erheben wollten. Jeder Mensch kann einzelne innere Theile seines eigenen Auges oder wenigstens die Schatten derselben unter gewissen günstigen Bedingungen wahrnehmen. Wir haben daher hier eine subjective Empfindung, deren Ursache in den Verhältnissen eines entsprechenden Reizes, nämlich der Lichtwellen, liegt. Die Elektricität bildet umgekehrt eine fremdartige Anregung für jedes Sinneswerkzeug. Leiten wir aber einen galvanischen Strom durch das Auge eines Menschen, so belehrt ihn die Art und die Stärke der Flammenbilder von den Größen der Spannung und der Leitungswiderstände, welche die fern gelegenen Erreger und deren Vermittelungsglieder darbieten.

Man nimmt in der Regel an, daß die objectiven Sinneserscheinun- 3257
gen von einer beliebigen Zahl von Menschen, die subjectiven dagegen nur von Einem wahrgenommen werden. Jene seien gewissermaßen Gemeingut Aller, die sich in den gleichen Verhältnissen zu dem aufgefaßten Gegen-

stande befinden, diese dagegen bloßes Eigenthum dessen, der von sich aus zu ihnen angeregt wird. Viele Personen können ein und dasselbe Haus gleichzeitig sehen. Ein Zweiter erblickt aber nie die Funken, die ein Schlag auf das Auge in dem Ersten erzeugt. Die Flammen, die wahrgenommen werden, erleuchten keinen äußeren Gegenstand.

3258 Der Unterschied greift aber auch hier nicht wesentlich durch. Er beruht vielmehr nur darauf, daß sich die Ursache, welche die Empfindung veranlaßt, nicht unmittelbar weiter verbreitet. Der Druck, der Schlag wirkt nur auf das Auge des einen Menschen, während der Zweite von keiner Veränderung der Art berührt wird. Könnte er gleich den Lichtwellen zurückgeworfen werden, so würde sich der Erfolg von der des objectiven Sehens in dieser Hinsicht nicht unterscheiden. Bilden sich subjective Gesichtserscheinungen, weil die Krystallinse einzelne trübe Punkte hat, so bemerkt diese ein anderer Mensch eben so gut, als der Kranke. Jener nimmt sie nur unter anderen Bedingungen und daher auch unter anderen Bildern wahr. Derselbe elektrische Strom führt in vielen Personen zu ähnlichen subjectiven Empfindungen, so wie die Nebenverhältnisse übereinstimmen.

3259 Betrachten wir die objectiven Gesichtserscheinungen genauer, so finden wir sogar, daß sie streng genommen Nichts weniger, als Gemeingut sind. Es ist möglich, daß mehrere Menschen ein Haus zu derselben Zeit betrachten, weil sich die von ihm zurückgeworfenen Lichtwellen allseitig verbreiten. Ein Theil von ihnen fällt daher in des Einen und ein anderer in des Zweiten Augen. Da sich aber beide Personen nicht an demselben Platze befinden können, so wechseln schon die Wege, die Winkel und andere Nebenverhältnisse der Lichtstrahlen. Jeder bemerkt daher ein anderes Stück des Hauses oder er sieht den gleichen Endbezirk unter einer anderen Beleuchtung. Der eine faßt daher nicht dasselbe Bild wie der andere auf. Die Anschauung, die ein jeder hat, ist eben so subjectiv, sie beschränkt sich für den Augenblick eben so sehr auf seine einzelne Person, wie das Flammenbild, das dem mechanischen Eingriffe nachfolgt.

3260 Die älteren Forscher haben häufig die subjectiven Sinnesempfindungen Täuschungen der Sinne genannt. Da die Eindrücke, die wir auf diesem Wege erhalten, keinen äußeren Gegenständen entsprechen, da uns oft das Auge Dinge, deren Anwesenheit kein anderes Sinneswerkzeug bestätigt, vorführt, so kann man auch nicht die Bezeichnung selbst als unrichtig verwerfen. Anders verhält es sich dagegen mit einer Folgerung, die sich unmittelbar an diese Ausdrucksweise anschloß. Man glaubte, daß die subjectiven Sinneserscheinungen weniger Sicherheit und Beständigkeit darbieten, daß sie gleichsam nur wechselnde Spiele der Nerventhätigkeit sind und nicht so scharfen Gesetzen, wie die objectiven Empfindungen, gehorchen.

3261 Es ist allerdings wahr, daß ein und derselbe elektrische Strom abweichende Farbeneindrücke in verschiedenen Menschen zu erzeugen vermag. Zwei Gründe, die in gleicher Art in allen übrigen Thätigkeiten des Auges wiederkehren, können diese Eigenthümlichkeiten begründen. Fallen die

Leitungswiderstände ungleich aus, so wechseln auch die Ursachen, welche die Netzhaut und das Gehirn zur Thätigkeit anregen. Sie unterscheiden sich dann eben so gut, wie wenn der eine äußere Gegenstand, den unser Auge erblickt, nur rothe und ein zweiter nur blaue Lichtwellen zurückwirft. Fehlen aber auch diese ursprünglichen Verschiedenheiten, so kann die Thätigkeit der Nervengebilde selbst mit der Mannigfaltigkeit der Personen abweichen. Dieser Umstand kehrt auch in den objectiven Empfindungen wieder. Der eine Mensch sieht häufig die eine Farbe anders, als ein zweiter. Es ist kein Spiel, keine willkürliche Schwankung, sondern nur ein Unterschied der Grundlage, auf dem die Endergebnisse fußen, vorhanden (§. 3242.). Die Gesetzlosigkeit, die überhaupt nur in der Phantasie des Menschen und nicht in der Natur vorhanden ist, kann in keinem Falle Boden gewinnen. Aendern sich die subjectiven Sinneserscheinungen in höherem Grade, so liegt dieses nur darin, daß die Bedingungen, unter denen sie auftreten, leichter wechseln. Sind ihre Anschauungen ärmer, stehen sie den objectiven an Vielseitigkeit nach, so erklärt sich dieses aus der Natur der Körper und der Veränderungen, von denen die Eindrücke in beiden Fällen ausgehen.

Wie sich aber der Geist die Erkenntniß der Außenwelt durch die 3262
Sinne verschafft, so müssen wir auch umgekehrt viele Anschauungen, die ein oder mehrere Sinneswerkzeuge liefern, in einem Urtheile vergleichen oder durch Nachdenken ergänzen, damit wir die wahren Verhältnisse erschließen. Begnügten wir uns mit der einfachen Auffassung des unmittelbaren Eindruckes, so würden wir nie über die Größe, die Entfernung und die körperlichen Verhältnisse der Gegenstände hinreichend belehrt werden. Käme das Gesichtsorgan nicht zu Hülfe, so bliebe uns ein großer Theil der Empfindungen unseres Tastgefühls unverständlich. Fiele die geistige Verarbeitung hinweg, so würden gerade die feinsten und edelsten Wirkungen der Sinne verloren gehen. Wie aber die Geisteshöhe, deren sich der Mensch erfreut, es möglich macht, daß die Töne seines Kehlkopfes zum mittheilbaren Ausdrucke seiner Gedanken werden (§. 3156.), so ist sie es auch, welche die Sinne zur künstlerischen Auffassung erhebt und die edelsten Genüsse auf diesem Wege unserem Gefühle bereitet.

Die Beweglichkeit der Theile, die so wesentliche Vorzüge unserem Or- 3263
ganismus überhaupt gewährt (Bd. I. §. 31.), übernimmt eine nicht unbedeutende Rolle in jedem unserer fünf Sinneswerkzeuge. Die Augenmuskeln richten das Auge auf die einzelnen Punkte, die wir erblicken wollen. Die Regenbogenhaut ordnet die Ausdehnung des Beleuchtungsfeldes der Netzhaut, und der Hammermuskel des Ohres die nöthige Spannung des Trommelfelles. Wir werden in der Folge finden, daß besondere Muskelthätigkeiten die Wirkungen der Geruchs-, der Geschmacks- und der Tastwerkzeuge begünstigen. Man hat häufig angenommen, daß diese Veränderungen nicht bloß die Möglichkeit einer genauen Auffassung erleichtern, sondern auch unser Urtheil über die Beziehungen der Außenwelt bestimmen helfen. Wir fühlen es gleichsam oder erlernen es durch Erfahrung, wie wir unsere einzelnen Verkürzungswerkzeuge beherrschen

müssen, damit wir die wechselnden Ortsverhältnisse der fremden Körper kennen lernen. Man leitete diese instinktartige Einsicht von sogenannten Bewegungsideen[1]) her. Die Untersuchung der einzelnen Sinneserscheinungen wird uns zeigen, wo diese Vorstellung mit Recht angewendet werden kann und wo sie nur unsere Unwissenheit verhüllt oder selbst irrthümliche Auffassungen herbeiführt.

Sehen.

1. Schutz- und Richtungswerkzeuge des Augapfels.

3264 Thränenflüssigkeit. — Sollte die Hornhaut durchsichtig bleiben, so konnte sie keine so dicke Oberhaut, als die übrigen Stellen der Außenfläche unseres Körpers besitzen. Die größere Zartheit ihrer Bekleidung und wahrscheinlich auch die Beschaffenheit ihrer Gewebe forderte aber dann einen Schutz eigener Art. Eine Mischung verschiedener Flüssigkeiten, die wir unter dem Namen der Thränen kennen, bedeckt deshalb die Außenfläche des Auges. Sie wird fortwährend erneuert, weil ein Theil von ihr verdunstet und ein anderer von Zeit zu Zeit, vorzüglich mit jedem Augenlidschlage oder mit jeder Verkürzung des Kreismuskels der Augendeckel (Orbicularis palpebrarum) (Fig. 131 *bc*)[2]) nach der Nase hin abfließt (Bd. I. §. 1494 ff.). Die Thränendrüse liefert in dieser Hinsicht die Grundlage des Ganzen. Die Blutgefäße der Innenseite der Augendeckel und der freien Oberfläche des Augapfels bereiten wahrscheinlich neue Zusatzmassen. Da aber die Anwesenheit stärkerer Blutgefäße die Durchsichtigkeit der Hornhaut gestört und die Auffassung der äußeren Bilder getrübt haben würde, so erklärt es sich, weshalb die Natur eine bedeutendere Menge jener Röhren in die Bindehaut verlegte. Sollten diese ungehindert absondern, so konnten sie wiederum keine so dicke Oberhaut, als die übrigen freien Theile des Gesichtes, erhalten. Wir dürfen mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß dieses die Gründe sind, weshalb das Epithelium der Bindehaut zarter, als die Oberhaut, und dicker, als der Ueberzug der Hornhaut ausfiel.

3265 Die Erfahrung lehrt, daß die bekleidende Flüssigkeitsschicht die Durchsichtigkeit der Hornhaut wesentlich begünstigt. Verdunstet sie nach dem Tode, so trübt sich die Cornea, und zwar zunächst der Epithelialüberzug derselben. Aehnliche Erscheinungen können sich im Leben unter den gleichen Bedingungen wiederholen. Wir sehen hieraus, daß dann die wässerige Feuchtigkeit wenigstens nicht in hinreichendem Maße durchschwitzt, um die Thränen zu ersetzen.

---

[1]) J. G. Steinbuch, Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 30. Vergl. auch C. Th. Tourtual, die Sinne des Menschen in den wechselseitigen Beziehungen ihres psychischen und organischen Lebens. Münster, 1827 8. S. 198 fgg.

[2]) Roß, in Oppenheim's Zeitschrift für die gesammte Medicin. Bd. 35. Hamburg, 1847. 8. Seite 1 — 5.

Die Mischung, die wir in dem Bindehautsacke antreffen, besitzt nicht 3266
immer eine vollkommen gleichartige Beschaffenheit. Sie enthält nicht selten schleimigte Gemengtheile. Sie kann sogar Fett, das von den Meibomischen Drüsen herrührt, aufnehmen (Bd. I. §. 1493 und 1501.). Diese Verhältnisse üben bisweilen einen gewissen Einfluß auf die Gesichtsthätigkeit aus. Die Flüssigkeitsschicht, welche die Hornhaut überzieht, bildet das erste Ablenkungsmittel, dem die Lichtwellen bei ihrem Eintritte in das Auge begegnen. Es muß daher die Dicke, das Brechungsverhältniß und die Durchsichtigkeit der Thränenlage die fernere Bahn der Strahlen bestimmen helfen. Die Optik des Auges wird uns in der That zeigen, daß hierdurch manche Bilder der äußeren Gegenstände unter gewissen Bedingungen verändert und eigene subjective Gesichtserscheinungen hervorgerufen werden.

Augenlider. — Da die Thränen die Oberfläche des Augapfels 3267
gewissermaßen nur in optischer und nicht in mechanischer Hinsicht beschützen, so müssen noch andere wesentliche Ergänzungsstücke der Sicherheitswerkzeuge hinzukommen. Die Augendeckel übernehmen diese Rolle. Sie halten Staubtheilchen und andere fremde Körper, so sehr als möglich, von den Bindehautoberflächen, die ihrem Ausbreitungsbezirke entsprechen, ab. Ihre Bewegungen, die von unserer Willkür abhängen, erleichtern überdies die Verbreitung und den Durchzug der Thränenflüssigkeiten (Bd. I. §. 1494.).

Wir haben schon §. 2816 fgg. gesehen, daß zwei verschiedene Gruppen von Muskelfasermassen, der Heber des oberen Augenlides (Levator palpebrae superioris) (§. 2587. Fig. 87. *g.*) und der Kreismuskel (Orbicularis palpebrarum) (§. 2814. Fig. 131. *b. c.*) die wechselseitigen Stellungsverhältnisse der Augendeckel beherrschen. Jener wirkt auf das obere Lid allein, dieser dagegen auf beide zugleich. Der Unterschied greift aber noch tiefer durch. Denn der Heber des oberen Augenlides hängt von dem gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven (N. oculomotorius) und der Kreismuskel von dem Antlitznerven (Facialis) ab. Die näheren Verhältnisse dieser verschiedenen Bedingungen und die Folgen, welche die Lähmung des einen oder des anderen Bestimmungsgliedes für die Beschützung des Auges und das Sehen selbst nach sich zieht, werden uns bei der Betrachtung der Nerventhätigkeiten ausführlicher beschäftigen.

Obgleich die Augendeckel nicht vollkommen undurchsichtig sind und wir 3268
daher noch im Sonnenlichte einen röthlichen Schein bei völlig geschlossenen Lidern wahrnehmen, so sind sie doch stark genug, um das Auge in beträchtlichem Maße zu beschatten und einen Theil unnützen oder störenden Lichtes abzuhalten. Wir können auf diese Weise die Stärke des Lichtes innerhalb gewisser Grenzen nach Belieben verändern. Die Größe der Augenlidspalte wird überdies den Umfang des möglichen Gesichtsfeldes und die Deutlichkeit der Bilder, die wir von den äußeren Gegenständen erhalten, bestimmen helfen. Ihr Einfluß erinnert in dieser Hinsicht an den des Sehloches der Regenbogenhaut.

Eine ausführliche Betrachtung der Gestaltverhältnisse der Augendeckel und der Schutzwerkzeuge des Auges überhaupt, der Formunterschiede des oberen und des unteren Augenlides und der optischen Wirkungen, die aus diesen Erscheinungen hervorgehen, giebt Tourtual in Müller's Archiv 1838. S. 316—350. u. 1840. S. XXXVIII.—XLI.

3269 Die wechselseitig in einander greifenden Augenwimpern vervollständigen den Schutz, den die Augenlider gewähren. Unbestimmtere schattige Umrisse derselben können nicht selten in dem subjectiven Gesichtsfelde bei dem Schlusse der Augendeckel wahrgenommen werden. Die Zurückwerfung des Lichtes, die sie vermöge ihrer Spiegelung veranlassen, führt bisweilen zu der Wahrnehmung eigenthümlicher Bilder. Blinzelt man, indem man eine helle Flamme anschaut, so sieht man feurige Strahlen, von denen die oberen von den Wirkungen der unteren Wimperreihe und umgekehrt, abhängen [1]).

3270 Einzelne Augenmuskeln. — Die gemeinschaftliche Achse der Umdrehungsflächen einer Linse bildet die Achse eines solchen Brechungskörpers (§. 3439.). Gehören die Oberflächen Kugelabschnitten an, so befinden sich die Mittelpunkte derselben in der Achsenlinie oder in der Centrallinie, d. h. in der Verlängerung der Achse. Besitzt endlich eine Reihe von Linsen eine und dieselbe Achsenlinie, so sagt man, daß sie vollkommen geordnet sei.

Es ist zwar noch nicht vollständig bewiesen, daß alle Brechungskörper des Auges eine und dieselbe Achse besitzen. Wir werden sogar sehen, daß die Erfahrungen, die Choffat an den Gesichtswerkzeugen der Ochsen angestellt hat, gegen diese Voraussetzung sprechen. Optische Gründe haben aber die meisten Forscher bewogen, die Linsen unseres Sehorganes für eine vollkommen geordnete Reihe von Ablenkungskörpern zu erklären. Denkt man sich eine gemeinschaftliche Achse durch die scheinbaren Mitten des Ablenkungskörpers gelegt, so trifft sie die Netzhaut in der Mitte der Vertiefung ihres gelben Fleckes oder des unpassend sogenannten Centralloches. Sie geht dann ungefähr durch die Mitte der hinteren Wölbung der harten Haut. Der Theil derselben, der sich von der Vorderfläche bis zur Hinterfläche des ganzen Augapfels erstreckt, heißt die Augenachse oder die äußere Augenachse, derjenige dagegen, der bis zur Netzhaut reicht, die innere Sehachse oder die optische Achse.

3271 Die Erfahrung lehrt, daß wir diejenigen Punkte, die sich an dem hinteren Ende der inneren Sehachse scharf abspiegeln, mit der größten Deutlichkeit wahrnehmen. Unsere Anschauung wird aber um so unvollkommener, je weiter sich die Bilder von dem angegebenen Orte entfernen. Da nun ein Leuchtpunkt, der seinen Brennpunkt in der Achsenlinie hat, in dieser selbst liegen muß, so erklärt sich hieraus, weshalb wir die geradlinige Verlängerung der inneren Sehachse oder die Sehachse überhaupt nach denjenigen Orten, die wir am besten sehen wollen, lenken. Dieses zwingt uns aber, unser Auge, wie ein Fernrohr, nach den sichtbaren Gegenständen zu richten.

3272 Die Augenmuskeln übernehmen einen Theil der eben erwähnten Thätigkeit. Sie machen daher gewisse Bewegungen des Kopfes oder des ganzen Körpers überflüssig. Befinden sich beide Augen an einer und derselben Gesichtsfläche, so wird hierdurch noch ein anderer Vortheil erreicht.

---

[1]) Tourtual in Müller's Archiv. 1838. S. 349. 350.

Es können dann die zwei Sehachsen so gestellt werden, daß sie sich in dem Punkte, den man am schärfsten betrachten will, kreuzen. Die Deutlichkeit der Anschauung gewinnt hierdurch in hohem Grade.

Da die Hornhaut ein eigenthümlich gewölbtes Ansatzstück bildet, so 3273
versteht es sich von selbst, daß der ganze Augapfel keine vollkommene Kugel darstellen kann. Berücksichtigen wir aber auch nur die harte Haut, so ergiebt die genauere Betrachtung derselben, daß sie keinem Kugelabschnitte angehört. Es zeigt sich, daß sie vorn abgeplatteter, als hinten ist.

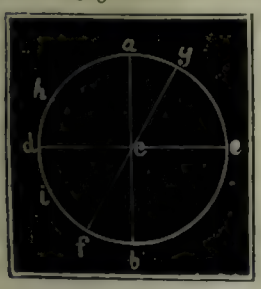
Die Augenachse des Erwachsenen pflegt 23 bis 25 Millimeter zu 3274
messen. Halten wir uns an die von Krause mitgetheilten Zahlen, so finden wir zwei noch bedeutendere Durchmesser, von denen der eine die Augenachse um $1/20$ bis $1/55$, und der andere um $1/37$ bis $1/110$ übertrifft. Jener geht schief von dem Zwischenraume, den der innere und der obere gerade Augenmuskel übrig läßt, nach dem des äußeren und unteren, dieser dagegen von dem des äußeren und oberen nach dem des inneren und unteren. Beide durchschneiden sich $1/2$ bis $1\,1/2$ Millimeter hinter der Mitte der Augenachse. Die Kugelgestalt des Augapfels läßt sich daher nur für ungefähre Bestimmungen voraussetzen.

Wälzt sich eine krumme Linie oder eine Fläche um eine feste gerade 3275
Linie, so bildet diese die Drehungsachse des Umdrehungskörpers, der auf solche Weise umschrieben wird. Behauptet eine Masse, die um sich selbst rollt, ihren im Raume gegebenen Ort, so muß die Drehungsachse in ihr selbst liegen und in jeder Beziehung für eine Art von Bewegung unverändert bleiben. Sie wechselt daher mit der Richtung der Wendung. Der Punkt, in dem sich zwei oder mehrere solcher Drehungsachsen gegenseitig schneiden, heißt der gemeinschaftliche Drehpunkt, weil er seine Lage trotz der Verschiedenheit der Bewegungsrichtungen unverändert beibehält.

Betrachten wir den einfachsten Fall oder den, in welchem der Um- 3276
drehungskörper eine unverrückbare Kugel darstellt, so ergiebt sich, daß alle möglichen inneren Drehungsachsen die gleiche Größe und den Mittelpunkt zum gemeinschaftlichen Drehpunkte haben müssen. Könnten wir das Auge als eine Kugel, deren Durchmesser die Augenachse bildet, ansehen, so würde sich sein gemeinschaftlicher Drehpunkt für alle möglichen Stellungsrichtungen in der Mitte der Augenachse befinden.

Da drei auf einander senkrechte Durchmesser *ab*, *de* und *fg*, Fig. 168. 3277
die Lagenbeziehungen einer Kugel im Raume angeben, so lassen sich auch durch sie die Hauptrichtungen der Rollung, die mit keiner Ortsveränderung verbunden ist, bestimmen. Jede Nebenrichtung kann aber wiederum auf diese mit Leichtigkeit bezogen werden.

Fig. 168.



Nennen wir *a* oben, *d* innen und *f* vorn, so 3278
wälzt sich die Kugel von innen nach außen oder umgekehrt, wenn *ab*, und von oben nach unten oder entgegengesetzt, wenn *de* die Drehungsachse

bildet. Kommt diese Eigenschaft dem von vorn nach hinten gehenden Durchmesser *fg* zu, so rollt das Ganze radförmig in *adb* oder in *aeb*. Ein jeder andere Körper bietet ähnliche Hauptbewegungen dar.

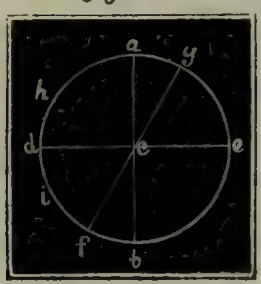
3279 Legen wir eine Fläche durch je zwei der wechselseitig senkrechten Durchmesser *ab*, *de* und *fg*, Fig. 169., so erhalten wir drei Trennungsebenen und drei ihrem Umfange entsprechende Meridiane, die sich ebenfalls unter 90° schneiden. Denken wir uns nun z. B., *de* sei die Drehungs- und *ab* die Bewegungsachse oder diejenige Linie, an welcher die Kräfte arbeiten, so wird *fg* dem Befehle von *ab* in der durch *ab* und *fg* gelegten Ebene oder in der Bestimmungsebene folgen. Wir wollen daher *fg* die passive Achse nennen.

3280 Wir finden die Bestimmungsebene, wenn wir eine gerade Fläche in jeder Beziehung senkrecht durch die Mitte der Drehungsachse legen. Wir erhalten diese letztere, wenn wir eine gerade Linie in der Mitte der Bestimmungsebene unter 90° aufstellen.

3281 Wir können eine jede Bewegungsachse als einen Hebel ansehen, der in seiner Mitte unterstützt und an seinen Enden mit gleichen in einseitigen Richtungen thätigen Kräften versehen ist. Gewinnt die eine die Oberhand, so wird die Wendung zu ihren Gunsten eingeleitet. Da nun jede der drei Hauptachsen zur Bewegungsachse werden kann, so fordern die drei Hauptarten der Rollung kugelförmiger oder ihnen ähnlicher Körper drei einseitige Kräftepaare, von denen jedes seine Wechselwerthe vertauschen kann. Die Zwischenbewegungen lassen sich hier wieder auf drei solcher Hauptstellungen zurückführen.

3282 Wir haben bis jetzt vorausgesetzt, daß das Kräftepaar die beiden Enden einer Hauptachse angreift. Ist dieses nicht der Fall, verlegen wir z. B. die Anspruchsstellen nach *h* und *i*, Fig. 169., so brauchen wir nur eine Linie *hi* parallel zu machen, um das Ganze, so weit es die Richtung der Rollung betrifft, auf den früheren Fall zurückzuführen. Gleiche Kräfte werden dann einen selbst nicht symmetrisch zwischen den Angriffsstellen liegenden Punkt *d* gleich weit nach der einen und der anderen Seite rollen.

Fig. 169.



3283 Diese Betrachtungen können im Allgemeinen andeuten, weshalb sich drei unter einander entgegengesetzte Muskelpaare an den Augapfel anfügen. Da sie von den unbeweglichen Wänden der Augenhöhle ausgehen und nur in der bestimmten Richtung ihrer Muskel- und Sehnenfasern wirken können, so liefern sie einseitige Kräfte. Es muß daher jede Hauptachse zwei derselben besitzen.

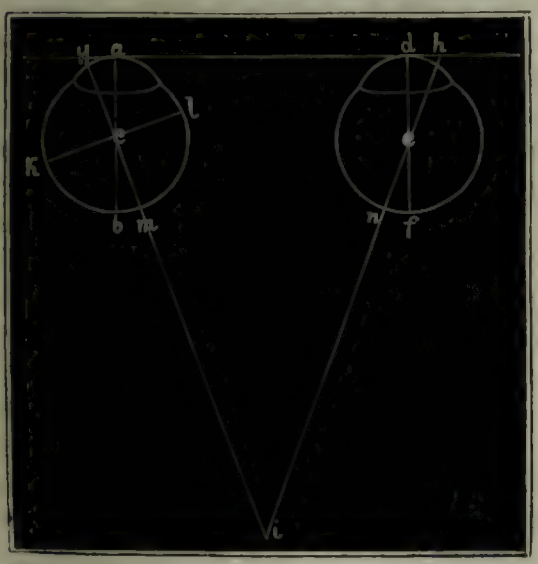
3284 Lassen wir die einzelnen Nebenverhältnisse der Anheftung, auf die wir sogleich zurückkommen, bei Seite, so liefern der obere und der untere gerade Augenmuskel (Recti superior und inferior) (§. 2618.) das erste, der innere und der äußere (Recti internus und externus) (Fig. 172.) das zweite und die beiden schiefen (Obliqui superior und inferior) (Fig. 172.) das dritte Kräftepaar. Die zwei ersteren Gruppen entsprechen den bei-

derlei seitlichen Wendungen und die schiefen Muskeln der radartigen Bewegung um die von vorn nach hinten gehende Achse. Die Drehungsachse des ersten Kräftepaares liegt quer von innen nach außen und die des zweiten senkrecht von oben nach unten.

Wollen wir die Wirkungen dieser Zugkräfte genauer prüfen, so müs- 3285
sen wir uns noch zuvor einige Nebenverhältnisse klar machen. Führen wir eine gerade Linie durch die Mitte der inneren Sehachse und die der Eintrittsstelle des Sehnerven, so erhalten wir die Sehnervenachse. Rechnen wir 11,6 Mm. für die halbe Augenachse, 4,1 Mm. für die geradlinige Entfernung ihres hinteren Endes von der Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven und 10,4 für den Abstand von dieser und der Mitte der Augenachse[1]), so ergiebt sich, daß die Sehnervenachse die Sehachse unter 20°32′ oder in runder Zahl unter 20° durchschneidet. Da die Ein- Anhang Nr. 48.
trittsstelle des Sehnerven nach innen vor dem gelben Flecke liegt, so folgt von selbst, daß die Verlängerung der Sehnervenachse die Hornhaut weiter nach außen erreichen muß. Sie trifft sie im Anfange ihres äußersten Drittheils, nämlich 4,1 Mm. von ihrer Mitte und 1,8 von ihrem Rande entfernt.

Wir wollen nun annehmen, daß *ab* und *df*, Fig. 170., die beiden 3286
Augenachsen und *gi* und *hi* die Verlängerung der zwei Sehnervenachsen sind. Führen wir eine Linie *gh* durch die Mitten der Vorderflächen der Hornhäute und stehen die Sehachsen *ab* und *df* senkrecht auf ihr, so gleicht der Winkel *acg* oder *deh* 20°; mithin *agc* oder *dhi* 70°. Da nun der seitlichen Symmetrie wegen *gi* eben so groß als *hi* sein muß, so erhalten wir 40° für den Winkel *gih*.

Fig. 170.



Verlängert man die Achsen der Augenhöhlen nach hinten, so schneiden sie sich in der Schädelhöhle unter 40° bis 45°. 3287
Berücksichtigen wir daher nur die Stellung von vorn nach hinten, so wird die Richtung der Sehnervenachsen mit der der Augenhöhlenachsen nahe übereinstimmen, wenn die Mitten der beiden Hornhäute eine gemeinschaftliche Tangentenlinie haben und daher die Sehachsen auf dieser senkrecht und unter sich parallel sind.

---

[1]) Man kann diese und die später zu erwähnenden gegenseitigen Verhältnißzahlen aus der von Krause in Meckel's Archiv. Bd. VI. Taf. II gegebenen Abbildung des Augendurchschnittes finden.

3288 Man nimmt gewöhnlich an, daß die Drehungsachse des inneren und des äußeren geraden Augenmuskels auf der Sehachse senkrecht steht oder, was dasselbe ist, daß diese und die mittleren Anheftungsstellen jener Verkürzungsgebilde in einer und derselben geraden Ebene liegen. Sollte dieses mathematisch genau zutreffen, so würde der äußere gerade Augenmuskel die Hornhaut, das Sehloch und die vordere Hälfte der Sehachse vollkommen wagerecht nach außen und den gelben Fleck nach innen führen. Der innere gerade Augenmuskel leitete dann die entgegengesetzten Thätigkeiten ein.

3289 Halten wir uns an die Maße, die Melchior[1]) nach der Untersuchung von 28 Augen bestimmt hat, so gleicht die mittlere Länge des inneren geraden Muskels 36,7 und die des äußeren 40,6 Mm. Die Beobachtungen, die Huschke[2]) an drei erwachsenen Männern und an eben so viel Frauen anstellte, ergaben im Durchschnitt 0,622 Grm. für jenen und 0,671 für diesen. Setzen wir 1,06 als Eigenschwere der Muskelmasse voraus, so finden wir 0,16 Quadr.-Cent. Querschnitt für beide Fälle. Die zwei Muskeln besäßen hiernach im Allgemeinen ungefähr die gleiche Kraft. Der äußere konnte sich aber ungefähr um $\frac{1}{9}$ stärker, als der innere, verkürzen.

3290 Der innere Muskel heftet sich 6,2 und der äußere 7,3 Mm. von dem Hornhautrande entfernt an[3]). Dieser Unterschied, der nicht ganz den Längenverhältnissen der Gebilde entspricht, rührt wahrscheinlich davon her, daß der äußere gerade Augenmuskel der Form und der Richtung der Augenhöhle gemäß gebogener verlaufen muß und etwas weiter nach hinten, wie es die Lage der Umgebung des Sehloches fordert, beginnen kann. Legt man die Werthe von Krause, die eine noch größere Verschiedenheit anzeigen, nämlich 5,3 und 7,2 Mm., zum Grunde, so ergiebt sich, daß die Durchschnittsstelle der gegenseitigen Verbindungslinie dieser Muskelansätze und der Sehachse in der mittleren Hauptschicht der Krystallinse, 6,1 Mm. von dem vorderen Endpunkte der Augenachse und 10,8 Mm. von der mittleren Anheftung des äußeren geraden Augenmuskels entfernt liegt. Da nun der gegenseitige geradlinige Abstand der beiden zuletzt genannten Punkte 13,0 Mm. beträgt, so folgt, daß die Verbindungslinie der Mitteltheile der Anfügungsstellen des inneren und des äußeren geraden Augenmuskels die Sehachse unter 96°36′ und 83°24′ und mithin nicht vollkommen rechtwinkelig schneidet.

Bd. 1, Anhang Nr. 48.

3291 Die mittlere Länge des oberen geraden Augenmuskels gleicht 38,4 und die des unteren 37,2 Mm. Jener wiegt im Durchschnitt 0,492 und dieser 0,569 Grm. Die Querschnitte betragen daher 0,121 und 0,144 Quadr.-Cent. Der obere gerade Augenmuskel würde hiernach im Allgemeinen etwas schwächer ausfallen, sich aber dafür um eine unbedeutende

---

[1]) N. G. Melchior de Myotomia oculi. Havniae, 1841. 8. p. 31 — 35.

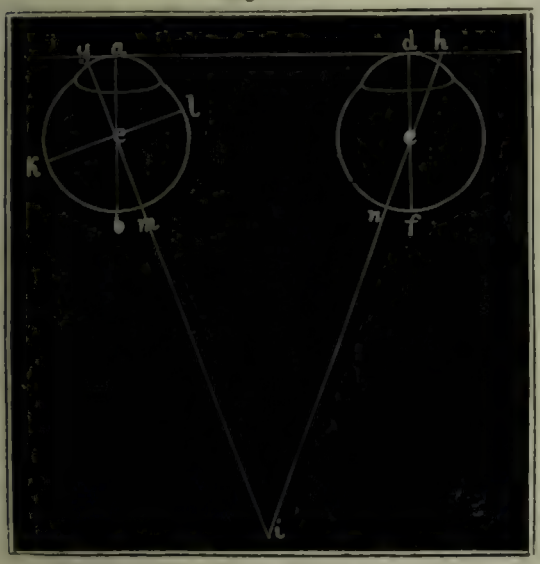
[2]) S. Th v. Sömmerring, Lehre von den Eingeweiden und den Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Umgearbeitet und beendigt von E. Huschke. Leipzig, 1844. 8. S. 775.

[3]) Melchior, a. a. O. p. 32. 33.

Größe stärker verkürzen können, als der untere. Die Unterschiede sind aber im Ganzen noch so gering, daß man ihnen keinen sehr erheblichen Einfluß zuschreiben kann. Die Verkürzungsgrößen liegen ungefähr in der Mitte, die Kräfte dagegen etwas unter denen des inneren und des äußeren geraden Augenmuskels. Man sieht jedoch, daß alle vier Muskeln nahebei zu den gleichen Werthen führen.

Wir haben §. 3287. diejenige Stellung der Sehachse *ab*, in der die 3292
Richtung der Sehnervenachse *gm* mit der der Augenhöhlenachse *gi* zusammenfällt, kennen gelernt. Die Mittellinie des Sehnerven geht in diesem Falle in derselben Bahn gerade dahin. Da nun der obere und der untere gerade-Augenmuskel in ähnlicher Weise verlaufen, so hat man angenommen, daß die Richtung ihrer Wirkung nicht der der Sehachse, sondern der der Sehnervenachse entspricht. Die Schriftsteller, die dieses voraussetzen, müssen dann die Drehungsachse *kl*, Fig. 171., die Sehnervenachse *gm* rechtwinkelig und die Sehachse unter 70° (nämlich unter dem Winkel *acl*) schneiden lassen. Der obere gerade Augenmuskel würde daher die Hornhaut, das Sehloch und das vordere Ende der Sehachse oder die Punkte *g* und *a* nicht einfach nach oben, sondern nach oben und innen, und der untere dieselben Gebilde nach unten und innen führen. Ruete[1]) findet sogar eine Stütze dieser Annahme in den Folgen der Muskeldurchschneidung. Hat man nämlich den inneren geraden Augenmuskel eines Schielenden getrennt, so kann noch der Kranke die Hornhaut gerade und schief nach innen rollen. Die schiefen Augenmuskeln wären aber nach jenem Forscher nicht im Stande, diese Bewegung ohne die Mithilfe des inneren geraden Muskels zu vollführen.

Fig. 171.



Die mittlere Anheftung des oberen geraden Augenmuskels liegt nach 3293
Melchior 8,2 Mm. und nach Krause 7,2 Mm. von dem Hornhautrande entfernt. Der ähnliche Abstand des unteren geraden Augenmuskels gleicht nach Melchior 7,2 und nach Krause 6,8 Mm. Der untere ist also im Durchschnitt 1,0 bis 0,4 Mm. weiter nach vorn als der obere befestigt. Die Verbindungslinie dieser beiden Verkürzungsgebilde trifft unter diesen Verhältnissen die durch die Sehachse und die mittleren An-

[1]) C. G. Th. Ruete, Das Ophthalmotrop. Göttingen, 1846. 8. S. 6. 7.

sätze des äußeren und des inneren Augenmuskels gelegte Ebene unter 91°14′ oder beinahe vollkommen rechtwinkelig.

3294 Der obere gerade Augenmuskel heftet sich nach Krause 1,9 und der untere 1,5 hinter dem inneren geraden an. Diese Zahlen gleichen nach Melchior 2,0 und 1,0 Mm. Da sich nun der äußere 1,1 bis 1,9 Mm. hinter dem inneren anfügt, so folgt, daß die Ansatzstellen von diesem und dem oberen oder dem unteren geraden Augenmuskel nahebei entsprechend liegen, die drei übrigen dagegen etwas größere Abweichungen darbieten. Nehmen wir zwei der Ansatzstellen gleich an, so wird eine Ebene, die durch alle vier geht, auf der wagerecht gedachten Sehachse schief stehen.

3295 Die einzelnen Muskeln sind aber auch nicht gleichförmig auf die Quadrantenpunkte dieses Kreises vertheilt. Die Anfügungsstelle des unteren geraden liegt nach Melchior um 0,6 und nach Krause um 1,1 Mm. dem Ansatze des inneren geraden Augenmuskels näher, als dem des äußeren. Was die Stellung des oberen geraden betrifft, so weichen die Angaben wesentlich ab. Melchior findet, daß er im Durchschnitt 10,5 Mm. von dem inneren und 9,9 Mm. von dem äußeren geraden Augenmuskel absteht und sich mithin um 0,6 gegen diesen neigt. Krause dagegen läßt ihn um 1,5 Mm. dem inneren Augenmuskel näher liegen.

3296 Die beiden schiefen Augenmuskeln sind die schwächsten aller Verkürzungsgebilde des Augapfels. Die bloße Muskelmasse des oberen wiegt im Durchschnitt in Erwachsenen 0,247 und die des unteren 0,281 Grm. Schlagen wir die mittlere Länge des reinen Muskelfleisches zu 27,0 Mm. in jenem und zu 27,6 in diesem an, so erhalten wir 0,086 und 0,096 Quadr.-Cent. Querschnitt. Der untere schiefe Muskel würde hiernach den oberen an Verkürzungsgröße und an Kraft um einen nur unbedeutenden Werth, der selbst vielleicht noch zu einem großen Theile in den Grenzen der Beobachtungsfehler liegt, übertreffen. Keiner dieser beiden Muskeln kann sich aber mit einem der vier geraden Augenmuskeln messen. Ihre Verkürzungsgrößen sind etwa um ein Drittheil und ihre Kräfte um eben so viel oder um die Hälfte schwächer. Wir werden die Gründe dieses Verhältnisses später kennen lernen.

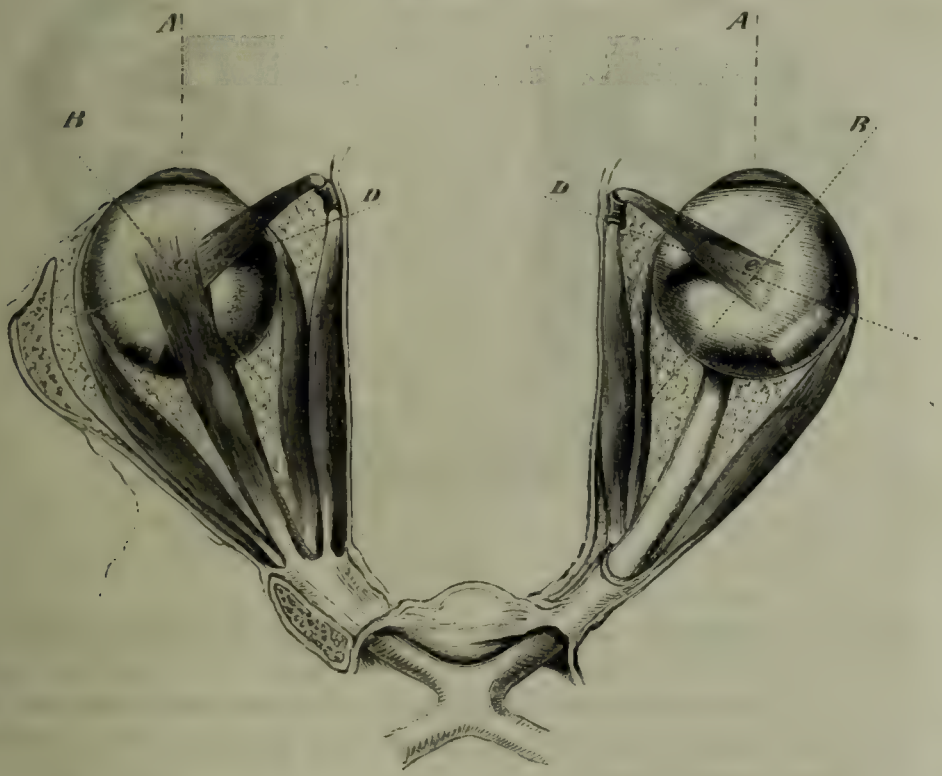
3297 Da die Seitenwendung nach oben und unten von zwei geraden, die von rechts nach links von zwei anderen geraden eingeleitet wird und je zwei dieser vier Muskeln zu gleicher Zeit zu wirken im Stande sind, so werden schon alle Arten der seitlichen Bewegungen durch sie allein möglich gemacht. Sollen daher die schiefen Muskeln nicht überflüssig sein, so können sie nur zweierlei Bestimmungen erfüllen. Sie wirken für sich und erzeugen die Raddrehung um die von vorn nach hinten gehende Achse, oder sie arbeiten mit den geraden gemeinschaftlich und bedingen es, daß das Auge in der Augenhöhle unverrückt liegen bleibt. Wir werden sehen, daß diese zweite Bestimmung ihren Hauptzweck bilden kann.

3298 Wir haben früher (§. 3285.) gefunden, daß sich die Sehnervenachse und die Sehachse unter 20° schneiden. Hieraus folgt, daß die Verbindungslinie der Mitte der Hornhaut und der der Eintrittsstelle des Seh-

nerven einen Winkel von 10° mit der Sehachse bilden muß. Legte ich nun eine senkrechte Ebene durch diese Linie und eine zweite durch die Mitte der Richtungen der Ansätze der beiden schiefen Muskeln, so trafen sich diese unter 30 bis 40° oder im Durchschnitt unter 35°. Die durch die Anheftungsstellen geführte Fläche schnitt daher die Sehnervenachse unter 25° und die Sehachse unter 45°. Die auf jener senkrecht stehende Drehungsachse der schiefen Muskeln wird daher nicht mit der Sehachse zusammenfallen, sondern sie unter 65° durchsetzen. Ihr äußeres Ende muß etwas nach außen von der Hornhaut zu liegen kommen.

Nehmen wir an, *A A*, Fig. 172., seien die gerade nach vorn gerich- 3299
teten Sehachsen, so wird die Drehungsachse der schiefen Muskeln unge-

Fig. 172.

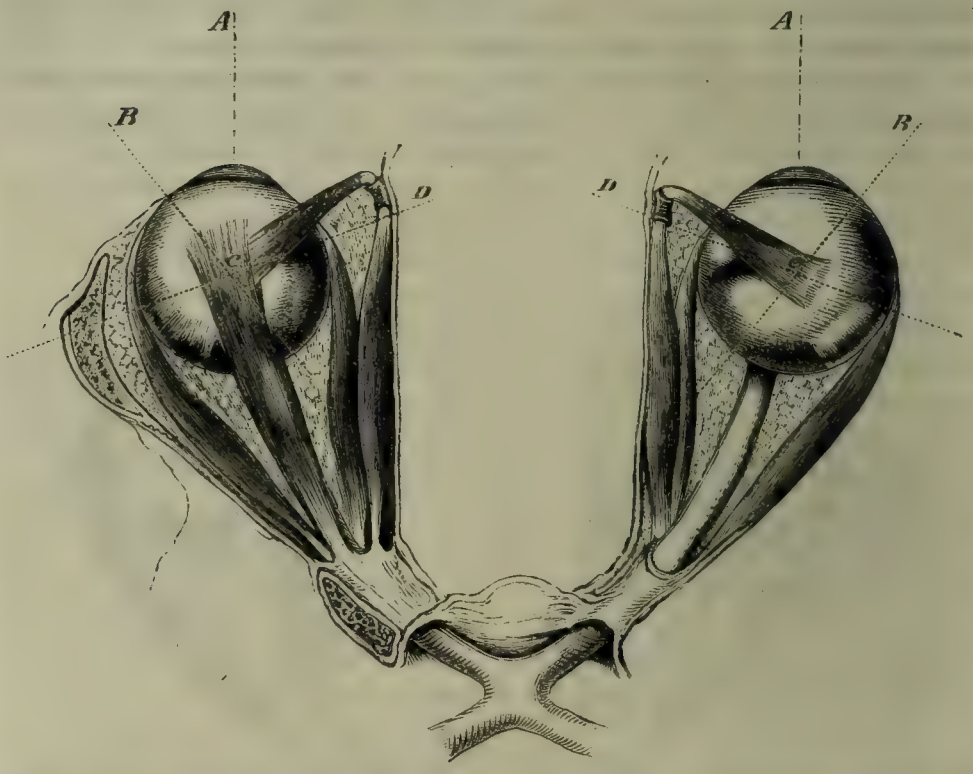


fähr in *B* verlaufen. Stellt man die des oberen und des unteren geraden *D* senkrecht auf die Sehnervenachse und in eine und dieselbe Ebene mit *B*, so werden sich beide unter 45° schneiden.

Denken wir uns, die Sehachse *A* stehe gerade nach vorn, wie es 3300
die Abbildung zeigt, so wälzt dann der obere schiefe Augenmuskel die Mitte der Hornhaut nach unten und außen, der untere dagegen nach oben und außen. Sägt man die Umgebung der Augenhöhle eines Menschenkopfes heraus, entfernt den inneren Theil des Daches derselben, legt den Mittelheil der Muskelmasse des oberen schiefen Augenmuskels bloß und führt eine Stecknadel durch die Mitte der Hornhaut gerade bis in den Grund der Augenhöhle, so begiebt sich der Knopf derselben, so wie

man den Muskel in der Richtung seiner Fasern anzieht, nach unten und etwas nach vorn und außen. Der Augapfel drängt sich nach vorn und hervor und wulstet selbst das obere Augenlid, wenn es herabhängt, deutlich auf. Meißelt man nun den vorderen Theil der Grundfläche vorsichtig hinweg, so daß der Mitteltheil des unteren schiefen Augenmuskels mit Leichtigkeit bloßgelegt werden kann, der Ursprung dagegen unverfehrt

Fig. 173.



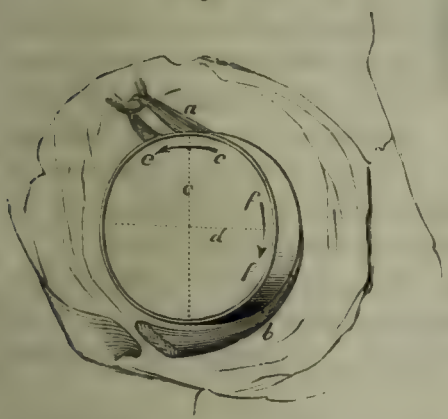
bleibt, und zieht man wiederum in der Richtung des Faserverlaufes an, so wendet sich die Hornhaut nach oben und außen und tritt mehr unter die äußere Hälfte des oberen Augenlides. Die Bewegung nach vorn, die hier ebenfalls vorhanden ist, fällt jedoch dann weniger, als in dem vorigen Falle, in die Augen.

3301 Die verschiedenen abweichenden Ansichten, die sich über die Thätigkeiten der schiefen Augenmuskeln geltend gemacht haben, rühren vorzugsweise von zweierlei Verhältnissen her. Man zog häufig die einzelnen in der Leiche bloßgelegten Muskeln ohne Weiteres und nicht genau in der Richtung ihres Faserverlaufes an. Der untere schiefe Augenmuskel führte auf diese Art am leichtesten zu irrthümlichen Urtheilen. Spricht man aber in der Regel von einer Stellung des Augapfels überhaupt, so führt dieses bald zu Mißverständnissen. Behält man z. B. den unteren und inneren Quadranten im Auge, so dreht ihn der untere schiefe Muskel nach oben und innen, ohne daß diese Bewegungsweise der §. 3300. gegebenen Darstellung widerspricht. Der obere wälzt auf gleiche Art den oberen und inneren nach unten und innen.

Haben die übrigen Augenmuskeln eine andere Stellung der Sehachse 3302
A (Fig. 173.) eingeleitet, so wird sich diese scheinbare Zweideutigkeit wiederholen, weil dann Bogen entstehen, deren Hälften entgegengesetzte Beziehungen haben. Nehmen wir an, der vordere Theil der Sehachse sei nach oben und außen gerichtet, so kann ihn der obere schiefe Muskel im Anfange nach unten und innen führen. Steht er passend nach unten und innen, so vermag ihn jener weiter nach innen zu rücken. Blickt er endlich nach unten und außen, so ist der untere schiefe Muskel im Stande, ihn zuerst nach oben und innen zu lenken. Man sieht hieraus, daß sehr viel darauf ankommt, ob man sich vorstellt, daß die schiefen Muskeln allein wirken oder ob man voraussetzt, daß sie in stärkerem oder geringerem Maaße von den geraden unterstützt werden. Bedient man sich einer Kugel, durch die man beliebig eine der Hauptachsen legen kann, so wird man sich den Erfolg, den jeder Einzelfall fordert, am besten versinnlichen.

Zieht man die beiden schiefen Muskeln des §. 3300. beschriebenen 3303
Präparates gleichzeitig an, so geht die innere sichtbare Hälfte des Augapfels vorzüglich in ihrer Mitte nach vorn. Sie rollt überdies im Ganzen schief von innen und vorn nach außen und hinten. Umschnürt man Falten des oberen und des inneren geraden Augenmuskels mit Fäden und sucht auf diese Weise die natürliche Längenabnahme künstlich nachzubilden, so tritt oft der innere Abschnitt des sichtbaren Stückes des Augapfels bei dem Anziehen des unteren schiefen Augenmuskels gar nicht und bei dem des oberen in weit geringerem Maße hervor. Man kann hieraus schließen, daß diese Verkürzungsgebilde den Augapfel etwas nach vorn vorzudrängen suchen und daß ihnen die geraden Augenmuskeln und zwar vor Allem der obere, der untere und der innere entgegenarbeiten. Trennt man einen von ihnen im Leben, so tritt der Augapfel sichtlich hervor. Er soll dagegen nach der Durchschneidung eines schiefen Muskels zurückweichen [1]). Das Schließen der Augenlider wird sich auch schon nach Maßgabe seiner Kraft der Wirkung der schiefen Muskeln widersetzen können.

Fig. 174.

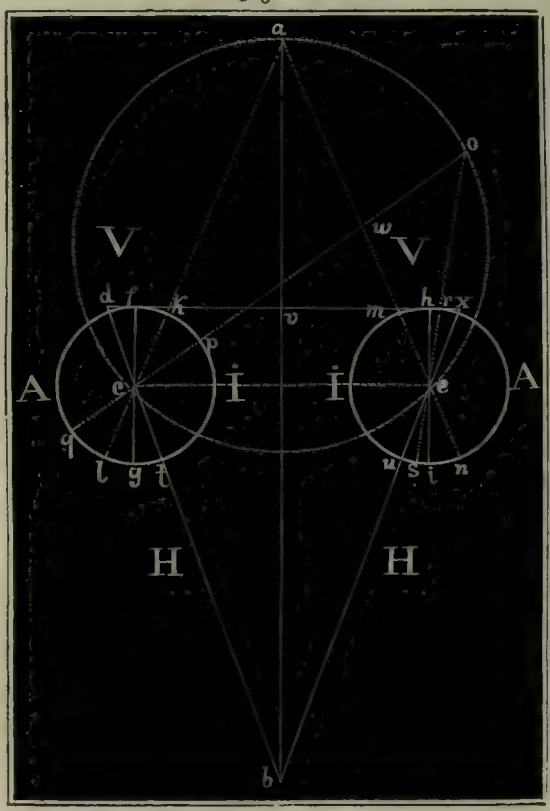


Denken wir uns, der Fig. 174. 3304
dargestellte Kreis entspreche einem senkrecht auf die Drehungsachse der schiefen Muskeln des linken Auges geführten Querschnitte, so wird der obere schiefe Muskel in der Richtung des Pfeiles *ee* und der untere in der des Pfeiles *ff* wirken. Beide arbeiten daher einander entgegen. Erinnern wir uns nun der §. 3298. beschriebenen Lage der durch den Durchschnittspunkt von *c* und *d* von vorn nach hinten gehenden Drehungsachse, so wird zu-

[1]) C. G. Th. Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S. 14.

nächst der obere schiefe Augenmuskel den hinteren Endpunkt der Sehachse nach oben und innen und der untere nach unten und außen wälzen. Halten wir die §. 3292. entwickelten Beziehungen fest, so rollt der obere gerade Augenmuskel den gelben Fleck nach unten und außen und der untere nach oben und außen. Soll nun keine seitliche Abweichung, sondern nur eine Bewegung von oben nach unten oder umgekehrt zu Stande kommen, so kann dieses am einfachsten geschehen, wenn der obere gerade und der untere schräge oder der untere gerade und der obere schiefe Muskel zusammenwirken und sich in den Einflüssen, die sie auf die seitlichen Verrückungen der Vertiefung des gelben Fleckes ausüben, ausgleichen.

3305 Fig. 175.



Nehmen wir an, die beiden Sehachsen *fg* und *hi*, Fig. 175., stünden parallel und die zwei geraden Augenmuskeln höben oder senkten die Augäpfel, so werden die Mitten der gelben Flecke, die früher in *g* und *i* lagen, nach *l* und *n*, der Nebenwirkungen wegen, geschoben werden. Denken wir uns zwei auf *ce* senkrechte Trennungsebenen, in denen die Sehachsen liegen, so werden sie im Anfange, so lange die Augenachsen in *fg* und *hi* stehen, unter sich parallel sein. Führt sie dagegen der obere oder der untere gerade Augenmuskel nach *kl* und *mn*, so büßen sie auch ihren Parallelismus ein und schneiden sich, wenn sie verlängert werden, in *a*. Soll dieses vermieden werden, so müssen die schiefen Muskeln *kl* nach *fg* und *mn* nach *hi* zurückwälzen. Man sagt daher, daß die schrägen Muskeln den Parallelismus der auf *ce* senkrechten Trennungsebenen erhalten oder herstellen. Es bleibt in dieser Hinsicht gleichgültig, ob die unter sich parallelen Sehachsen auf *ce* senkrecht oder schief stehen.

3306 John Hunter[1]) hat es, so viel ich weiß, zuerst ausgesprochen, daß die schiefen Augenmuskeln den Augapfel radförmig drehen, so wie wir den Kopf nach der einen Schulter neigen. Hueck[2]), der denselben

[1]) John Hunter, Bemerkungen über die thierische Oekonomie. Im Auszuge und mit Bemerkungen versehen von K. F. A. Scheller. Braunschweig. 1802. 8. S. 348 — 350.

[2]) Al. Hueck, Die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat, 1839 4. S. 43.

Satz vertheidigte, fügte einen Versuch, der das Ganze beweisen sollte, hinzu. Läßt man nämlich das Gesicht eines Menschen, der einen äußeren Gegenstand unverwandt betrachtet, nach der einen Seite und nach unten neigen, so wird man bemerken, daß ein Bindehautgefäßchen, daß an dem äußeren Rande der Hornhaut des tiefer stehenden Auges verläuft, in die Höhe geht, und umgekehrt. Jacob [1]) und Burow [2]) sprachen die gleiche Ansicht aus. Krause [3]) nahm an, daß die Bewegung die frühere wagerechte Stellung der Centralfalte wiedergäbe. Volkmann [4]) bekräftigte endlich die von Hueck gemachte Angabe vollständig und fügte wie dieser hinzu, daß die Drehung um die Sehachse selbst zu Stande komme.

Erinnern wir uns der Lage der Drehungsachse der schrägen Augen- 3307
muskeln, so muß schon dieser letztere Ausspruch das Ganze zweifelhaft machen. Ich konnte mich in der That früher [5]) nicht überzeugen, ob die Ortsveränderung der Blutgefäße der Bindehaut von einer wahren radartigen Drehung oder von einem schiefen Zuge des Augapfels bedingt werde. Tourtual [6]) fand, daß sie sich deutlich zeigte, wenn ein naher Gegenstand genau angesehen wurde. Blickte man dagegen nach einem sehr entfernten Punkte, so machte sie sich kaum bemerklich. Fernere Beobachtungen ergaben ihm noch, daß die Rollung um die Sehachse erfolge und mithin nicht durch die schiefen Muskeln allein vollführt werden könne. Donders [7]), der diese Verhältnisse am genauesten zu verfolgen suchte, entdeckte, daß man die scheinbare Achsendrehung vermeiden könne, so wie man die Sehachsen bei den Bewegungen des Kopfes auf der Angesichtsfläche senkrecht erhält oder jenen genau um die von vorn nach hinten gehende Achse des Halses dreht. Beugt oder streckt man aber den Kopf im geringsten oder wendet man ihn von vorn nach hinten, so wird jene Bedingung aufgehoben. Der Augapfel bewegt sich dann in einer seitlichen Richtung und erzeugt so die scheinbare Achsendrehung.

Die Forscher, welche die Radbewegung als eine physiologische Noth- 3308
wendigkeit ansahen, gingen von dreierlei Verhältnissen aus. Die Veränderung sollte in gewissen Fällen die Auffassung von Scheinbewegungen verhüten, die wahre Stellung der gesehenen Gegenstände angeben oder das Einfachsehen möglich machen.

Hunter nahm mit früheren Optikern an, daß wir auf die Bewe- 3309
gung eines Gegenstandes schließen, so wie sein Bild immer andere Stellen der Netzhaut trifft. Neigen wir den Kopf nach der Seite, so wird

---

[1]) Gazette medicale de Paris. 1841. Nro. 26. p. 409.
[2]) A. Burow, Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1842. 8. S. 8.
[3]) Krause, a. a. O. S. 550.
[4]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 273.
[5]) Repertorium. Bd. VII. Bern und St. Gallen. 1842. 8. S. 407.
[6]) Tourtual, in Müller's Archiv. 1840. S. LVI. u. Ebendaselbst. 1846. S. 359 bis 369.
[7]) Donders, in den holländischen Beiträgen zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften. Herausgegeben von van Deen, Donders und Moleschott. Bd. I. Utrecht und Düsseldorf. 1847. 8. S. 118 fgg.

diese Bedingung erfüllt. Die schiefen Muskeln müssen daher die Ortsverrückung ausgleichen, damit wir zu keinem irrigen Urtheile verleitet werden. Da uns aber ein Gegenstand unverrückt erscheint, wenn wir z. B. den Kopf gerade nach oben wenden, so erhellt schon von selbst, daß die Grundlage, auf der jene Folgerung fußt, der Erfahrung widerspricht.

3310 Das Gleiche gilt von dem Satze, von dem man für die Betrachtung der richtigen Wahrnehmung der Stellung ausgegangen ist. Wir haben unser Gesicht gerade nach vorn gewendet, wenn die Ebene, die es von oben nach unten in zwei gleiche Hälften theilt, auf einer wagerechten Bestimmungsfläche senkrecht steht. Die dann ebenfalls senkrechte Trennungsfläche des Auges sollte unser Urtheil über die Lage der gesehenen Gegenstände in allen Fällen leiten. Steht sie aufrecht, so erscheinen uns auch die Bilder, die sich längs ihrer Richtung abspiegeln, aufrecht. Neigt sie sich, so halten wir diese ebenfalls für schief geneigt. Senken wir den Kopf nach der einen Schulter, so muß die früher senkrechte Trennungsebene schräg gestellt werden. Die Raddrehung verbessere aber den Uebelstand, der sich auf diese Weise für unsere Auffassung geltend macht.

3311 Wir werden später finden, daß eine solche Abhängigkeit des Urtheils von der Stellung des Bildes auf der Netzhaut nicht vorhanden ist. Lassen wir aber auch dieses bei Seite, so kann schon eine einfache Erfahrung beweisen, daß die Thätigkeit der schiefen Muskeln die richtige Auffassung der Lage der Gegenstände nicht immer bedingen könnte. Sie sind nicht im Stande, das Auge um 180^0 zu drehen. Ein Mensch, der auf dem Kopfe steht, sieht aber die Gegenstände aufrecht, wie gewöhnlich.

3312 Es würde zu unnöthigen Wiederholungen führen, wenn wir schon hier die Art, wie die Raddrehung, der dritten Annahme gemäß, das Doppeltsehen verhütet, darstellen wollten. Wir werden auf diesen Punkt in der Optik des Auges zurückkommen. Wir können aber schon ohne Weiteres einsehen, daß die ursprüngliche Ursache der Anwesenheit schiefer Muskeln in diesen Verhältnissen nicht zu liegen vermag.

Das Einfachsehen mit zwei Augen setzt voraus, daß sich derselbe Gegenstand an zwei entsprechenden Stellen der beiden Netzhäute abspiegelt. Diese Bedingung wird aber in Thieren mit völlig seitlichen Sehwerkzeugen nicht immer erfüllt. Ein Gegenstand kann hier sein Bild nur in einem Auge entwerfen. Es hat aber nichts desto weniger seine besonderen schiefen Muskeln. Diese müssen daher eine allgemeinere Bestimmung, die an jedem einzelnen Gesichtsorgane wiederkehrt, besitzen. Nimmt man selbst eine wahre Rollung unter den §. 3307. angeführten Verhältnissen an, so wird man schon zu demselben Schlusse genöthigt, weil sie auch, wenn ein Auge geschlossen ist, wiederkehrt. Sie kommt dabei wiederum um so weniger zum Vorschein, je weniger sich die seitliche Neigung des Kopfes nach unten mit Bewegungen nach vorn verbindet (§. 3307.).

3313 Arbeiten zwei benachbarte gerade Muskeln gemeinschaftlich, so wird die gleichzeitige Verkürzung eines schiefen Augenmuskels ihre Wirkung unterstützen oder mäßigen. Eine einfache Wendung der Sehachse kann

daher im Leben aus der Thätigkeit dreier von den sechs Augenmuskeln hervorgehen. Haben wir umgekehrt eine bestimmte Richtung, so sind wir im Stande, sie dem Parallelogramm der Kräfte gemäß so zu zerlegen, daß wir drei ungleiche Kraftgrößen, von denen eine einem schiefen und die beiden anderen zweien geraden, oder umgekehrt, angehören, erhalten [1]). Man sieht, daß sich auf diese Weise die Verhältnisse im Leben verwickelter, als es auf den ersten Blick scheint, zu gestalten vermögen.

Das Auge ruht in dem weichen Fettpolster der Augenhöhle und ist hin- 3314
ten an dem Sehnerv wie an einem elastischen Stiele befestigt. Zögen sich z. B. der obere und der untere gerade Muskel gleichzeitig zusammen, so würden sie den Drehpunkt des Auges von vorn nach hinten verrücken. Berücksichtigt man aber die Nachgiebigkeit der Sehnerven und der Nachbartheile des Augapfels, so wird man es nicht ganz unwahrscheinlich finden, daß schon die Verkürzung eines geraden Augenmuskels den Augapfel nicht bloß rollen, sondern in seiner Lage in der Augenhöhle, wenn auch in geringem Grade, ändern muß. Wird aber ein schiefer Muskel gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt, so ist es denkbar, daß er der Verrückung des Drehpunktes entgegenarbeitet und so eine bloße Rollung ohne Veränderung der absoluten Stellung herbeiführt.

Die Natur war den Verhältnissen nach genöthigt, die geraden Augenmuskeln so anzubringen, daß ihre Fasern und daher auch ihre Zugrichtungen von vorn nach hinten streichen. Sollte dessenungeachtet jedes einzelne Auge seinen im Raume gegebenen Ort trotz der seitlichen Wendungen behaupten, so mußten schräge Muskeln hergestellt werden. Diese bilden daher vor Allem eine nothwendige Folge der gegebenen Anordnung der geraden Muskeln. Sie sind in einem Einäugigen eben so wenig überflüssig, als in einem Thiere mit völlig seitlichen Gesichtswerkzeugen.

Die beiden Wirkungsarten, welche auf diese Weise einem geraden 3315
Muskel zukommen, müssen ungleiche Größen der Natur der Sache nach besitzen. Die Kraft, mit der er den Drehpunkt zu verrücken vermag, wird im Allgemeinen kleiner, als die der Rollung ausfallen. Der schiefe Muskel, der zu Hilfe eilt, braucht daher auch weniger stark zu arbeiten. Eine geringere Verkürzung desselben wird schon dem Zwecke genügen. Es dürfte sich hieraus erklären, weshalb die schrägen Muskeln kürzer und schwächer, als die geraden sind.

Drehpunkt des Auges. — Könnte man dieses als eine Kugel, 3316
deren Durchmesser der Augenachse gleicht, ansehen, so müßte der gemeinschaftliche Drehpunkt der sechs Augenmuskeln in dem Mittelpunkte oder in der Hälfte der Augenachse liegen. Da nun diese 23 bis 25 Mm. im Erwachsenen gleicht, so erhielten wir 11,5 bis 12,5 Mm. für den Abstand des Drehpunktes von der Mitte der Vorderfläche der Hornhaut.

Prüfte Volkmann [2]) die wagerechten Bewegungen des Augapfels, so fand er 11,4 bis 14,1 und im Durchschnitt 12,3 für sechs erwachsene

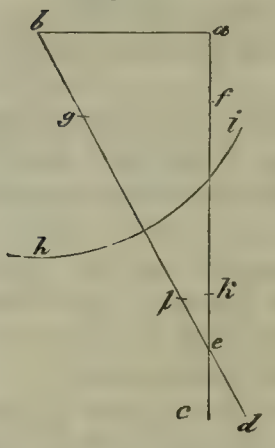
[1]) Donders, a. a. O. S. 138.
[2]) A. W. Volkmann, Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 33.

Männer. Eine Frau ergab 14,1 und ein 14jähriges Mädchen 12,8 Mm. Burow [1]) kam an sich selbst auf 12,2 Mm.

Untersuchte ich die wagerechte Drehung meines linken Auges, so lieferten mir zehn Einzelerfahrungen 12,8 bis 12,0 und im Durchschnitt 12,41 Mm. Zwölf andere Beobachtungen, die ich über die senkrechte Wendung anstellte, gaben 12,0 bis 11,0 und im Mittel 11,46 Mm. Da der Unterschied der beiden Durchschnittswerthe die möglichen Fehlergrößen noch nicht überschreitet, so können wir hieraus nicht mit Sicherheit schließen, daß der Drehpunkt der zweiten Bewegungsart um 0,95 Mm. weiter nach vorn, als der der ersten liegt. Setzt man voraus, daß beide zusammenfallen, so führen jene zwanzig an meinem Auge angestellten Beobachtungen zu 11,9 Mm. als den mittleren Abstand desselben von der Vorderfläche der Hornhaut. Meine linke Augenachse müßte hiernach 23,8 Mm. gleichen.

Fig. 176 kann uns die Grundlage der Vorrichtung [2]), deren sich Volkmann und später auch Burow bedienten, klar machen. *a* und *b* sind zwei in einer wagerechten geraden Linie *ab* gelegene Punkte, welche durch die kleinen Diopteröffnungen *f* und *g* betrachtet werden können. *afec* bleibt fest und bildet einen rechten Winkel mit *ab*. *be* dagegen kann sich bogenförmig von innen nach außen drehen. Das Auge betrachtet zuerst *a*, so daß der Mittelpunkt der Vorderfläche der Hornhaut in *k* und mithin die Sehachse *kc* in *ac* fällt. Es wird hierauf seitlich gewendet und *bd* so lange verschoben, bis jenes den Punkt *b* am deutlichsten sieht. Die Sehachse muß daher jetzt in *ld* oder in der Verlängerung von *bgl* liegen. Sie wird sich hierbei um *e* gedreht haben.

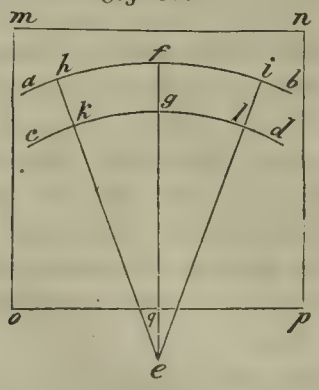
Fig. 176.



Ist *hi* ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in *b* liegt, so kann der Winkel *abe* unmittelbar abgelesen werden. Da aber *bae* einen Rechten bildet, und der gegenseitige Abstand der beiden Visirpunkte gemessen zu werden vermag, so sind wir auch im Stande, *ae* oder *be* zu berechnen. (*ae* = *ab. tg. abe* und *be* = *ab* : *cos. abe*.) Mißt nun ein Gehilfe den Abstand der Mitte der Vorderfläche der Hornhaut von einem der beiden betrachteten Punkte, nämlich *ka* oder *lb*, so giebt der Unterschied von *ae* und *ka* die gesuchte Größe *ke* oder der von *be* und *lb* den Werth von *le*.

Das Verfahren, dessen ich mich bediente, wurde schon von Volkmann [3]) und Mile [4]) zu anderen Untersuchungen gebraucht. Man zeichnet zwei concentrische Kreisbogen *afb* und *cgd* (Fig. 177.), deren Halbmesser *ef* und *eg* bekannt sind, auf eine vollkommen ebene Holzplatte *mnpo*, die kürzer als *ef* ist, schneidet die unter sich gleichen Bogentheile *hf* und *fi*, so wie *kg* und *gl* ab und zieht die Halbmesser *ekh*, *egf* und *eli*. Denken wir uns nun, es seien sehr feine Gegenstände in *h*, *f*, *i*, *k*, *g* und *l* senkrecht aufgestellt, so werden sich die Bilder von *k* und *h*, *g* und *f*, *l* und *i* nur dann decken, wenn die Sehachsen mit dem

Fig. 177.



[1]) Burow, a. a. O S. 21.
[2]) Abbildungen desselben finden sich bei Volkmann a. a. O. Taf. II. Fig. 5. u. bei Burow, Taf. I. Fig. 1.
[3]) Volkmanu, a. a. O. S. 35. 36.
[4]) Mile in Poggendorff's Annalen. Bd. XIV. Leipzig, 1838. 8. S. 217.

Verlaufe der entsprechenden Halbmesser *ekh*, *egf* und *eli* zusammenfallen und die Bogen innerhalb der Grenzen der gewöhnlichen Sehweite liegen. Setzen wir voraus, der Kopf bleibe völlig unbeweglich und die Sehachse steht im Anfange in der Richtung *efg*, so wird sich die Deckung von *k* und *h*, so wie von l und *i* nur dann wiederholen, wenn wiederum die Augenachse in den Richtungen der Halbmesser *ekh* und *eli* liegt, d. h. wenn der Drehpunkt des Gesichtswerkzeuges mit dem Mittelpunkte *e* zusammenfällt. Da nun die Lage von diesem bekannt ist, so handelt es sich nur darum, jene Stellung des Auges zu finden und den Abstand der Mitte der Vorderfläche der Hornhaut von dem gegebenen Punkte *e* zu messen.

Man kann sich bald überzeugen, daß der frei gehaltene Kopf bei der geringsten Gelegenheit zu schwanken beginnt. Man bedient sich daher hier derselben Vorrichtung, die man auch zur Verfertigung von Daguerreotypportraiten gebraucht, um jede Verrückung des Gesichtes so sehr als möglich zu verhüten. Hat nun der Mensch die Lage, in welcher der Drehpunkt seines Auges mit *e* zusammenfällt, gefunden, so betrachtet er eines der Deckungsbilder, z. B. *g*. Ein Gehülfe stellt gleichzeitig das Fadenkreuz eines Fernrohres so ein, daß dessen Durchschnittspunkt die Mitte der Vorderfläche der völlig im Profil gesehenen Hornhaut deckt. Hat sich der Beobachter entfernt, so legt man einen Maaßstab an *q* in der Richtung *egf* an. Der Punkt *e* ist von vorn herein bekannt. Der Ort aber, den der Kreuzungspunkt der Fäden des Fernrohres anzeigt, giebt die Lage des vorderen Endpunktes der Sehachse an. Man findet daher unmittelbar die gesuchte Entfernung der beiden genannten Stellen.

Diese Vorrichtung gewährt einen doppelten Vortheil. Man vermeidet alle Winkelmessung, und kann die wagerechte oder die senkrechte Drehung prüfen, je nachdem man das Brett *mnpo* in die eine oder die andere Lage bringt. Ich hatte nur sehr feine Stecknadeln in den von mir gemachten Beobachtungen aufgestellt. Man könnte aber die Fehlergrenzen der ganzen Vorrichtung bedeutend vermindern, wenn man die genaue Deckung der Bilder durch die Auswahl anderer Betrachtungspunkte verschärfen wollte.

Die Achsen der einzelnen Brechungskörper wechseln von Auge zu Auge, 3317
d. h. die in der Sehachse bestimmte Dicke von ihnen steht in keinem beständigen Verhältnisse zur Augenachse. Die Krystallinse führt in dieser Beziehung zu den größten Abweichungen. Da dieser Umstand nicht bloß für die Bestimmung der Lage des Drehpunktes, sondern auch für manche später zu betrachtende optische Fragen von Bedeutung ist, so wollen wir ihn etwas ausführlicher entwickeln.

Halten wir uns an das Auge einer 30jährigen Frau, das Krause genauer gemessen und abgebildet hat [1]), so glich die Achse der Hornhaut $^1/_{20,4}$, der wässerigen Feuchtigkeit $^1/_{9,3}$, der Krystallinse $^1/_{3,3}$ und des Glaskörpers $^1/_{1,9}$ der Augenachse. Die Mitte von dieser lag hier $^1/_{20,4}$ der Augenachse oder in absolutem Maaß 1,1 Mm. hinter der Mitte der Hinterfläche der Linsenkapsel. Das zweite von demselben Forscher bestimmte Auge [2]) eines 30jährigen Mannes dagegen ergab $^1/_{27,5}$ der Augenachse für die Achse der Hornhaut, $^1/_{8,7}$ für die wässerige Feuchtigkeit, $^1/_{5,3}$ für die Krystallinse und $^1/_{1,5}$ für den Glaskörper. Die Mitte der Augenachse befand sich hier um $^1/_{6,2}$ derselben oder absolut um 3,9 Mm. hinter der Hinterfläche der Linsenkapsel [3]). Man sieht hieraus, daß die Linse keinen Anhaltpunkt geben kann, weil die auf sie bezogene Lage des Drehpunktes um das Drei- bis Vierfache in zwei verschiedenen Augen zu schwanken

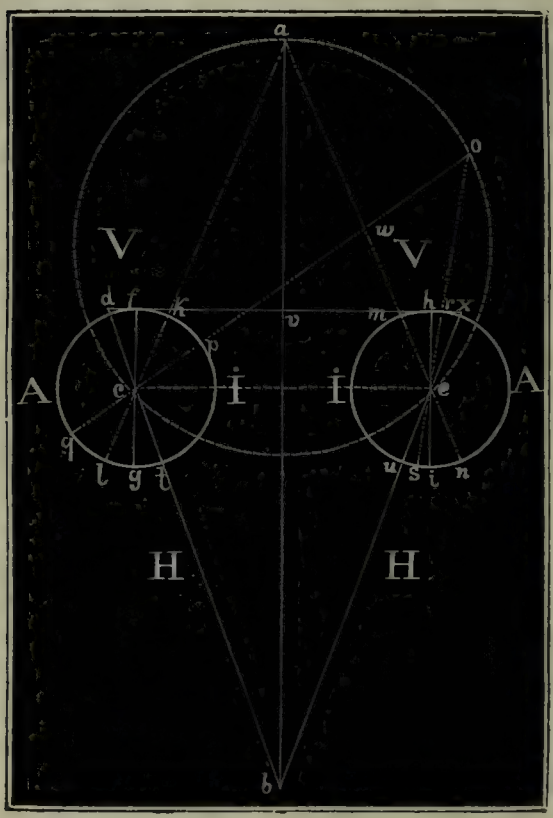
---

[1]) Krause, a. a. O. Taf. II.
[2]) Krause, a. a. O. Taf. III.
[3]) Diese Werthe sind nach den Zeichnungen und dem beigefügten Maaßstabe berechnet. Sie stimmen fast genau mit den Maaßen, die Krause selbst in Zahlen angegeben hat.

im Stande ist. Es läßt sich höchstens behaupten, daß der Ort desselben, wenn er in der Mitte der Augenachse liegt, in den Bereich des Glaskörpers und mithin hinter die Linse falle.

3318 Gleichzeitige Bewegung beider Augen. — Die Trennungsebene des Kopfes ist die von der Stirn nach dem Kinn gehende gerade Fläche, die das Ganze in zwei gleiche Hälften, eine rechte und eine linke, theilt, die Angesichtsfläche dagegen die ebenfalls von oben nach unten gehende ideale Ebene, welche die Trennungsebene des Kopfes in jeder Beziehung rechtwinklig schneidet. Dieses vorausgesetzt, so soll *ab*, Fig. 178., eine gerade Linie, die in der Trennungsfläche des Kopfes in der Höhe der beiden Drehpunkte *c* und *e* liegt, und *dx* eine in der Angesichtsfläche befindliche Gerade, die in derselben Höhe verläuft, sein. Die Bahnen der Achsen der Augenhöhlen *db* und *xb* nähern sich wechselseitig nach hinten. Sollen die Sehnervenachsen *dt* und *xu* ihren Richtungen nach mit jenen zusammenfallen, so werden die Sehachsen *fg* und *hi* unter einander parallel sein (§. 3286.). Beide Augen können dann keinen Punkt mit größter Schärfe gemeinschaftlich betrachten (§. 3270.).

Fig. 178.



3319 Rollte eine jede Sehachse mit ihrem vorderen Ende nach außen, so daß ihr Parallelismus in eine Divergenz überginge, daß beide z. B. in den Richtungen *dt* und *xu* zu stehen kämen, so würden sich ihre Verlängerungen hinter den Gesichtswerkzeugen schneiden. Die Mitten der Vertiefungen der beiden gelben Flecke *t* und *u* wären daher in keinem Falle im Stande, das Bild des gleichen Punktes aufzunehmen. Soll dieses geschehen, so müssen sich die Sehachsen unter allen Verhältnissen nach vorn gegen einander neigen.

3320 Wir wollen nun zuerst untersuchen, wie sich ihre Beziehungen gestalten, wenn der Leuchtpunkt in der durch *ab* und *ce* bestimmten Ebene, z. B. des Papiers, auf dem Fig. 178. gezeichnet ist, liegt. Befindet er sich in der Mittellinie *ab*, so müssen sich beide Sehachsen nach innen wenden, damit sie in *kl* und *mn* zu stehen kommen. Behalten wir nur den Ort der Spiegelung im Auge und lassen wir andere später zu be-

trachtende Nebenumstände bei Seite, so wird sich noch das Gleiche wiederholen, wenn wir den Leuchtpunkt nach *w* versetzen. Wir haben hier eine doppelte Drehung nach innen oder, da die Mittellinie *ab* unsere Bezeichnungen bestimmt, zwei gleichbenannte, aber entgegengesetzte Richtungen.

Rückt dagegen der Leuchtpunkt jenseit *ae* oder *ac*, z. B. nach *o*, so 3321
müssen die beiden Sehachsen die Stellungen *pq* und *rs* einnehmen. Legen wir die parallelen Linien *fg* und *hi* zum Grunde, so rollt die eine *fg* nach innen und die andere *rs* nach außen. Wir erhalten hier ungleich benannte, aber entsprechende Richtungen.

Wir sehen hieraus, daß der Blick nach vorn und der nach der Seite 3322
wesentlich verschiedene Stellungen voraussetzen. Die Vordertheile der Augen convergiren in dem ersteren Falle. Der zweite verlangt dafür, daß das eine Auge nach innen und das andere nach außen geht und daß der Grad, in dem dieses geschieht, ungleich ausfällt, weil sonst der Parallelismus der Sehachsen nicht gestört und hiermit die Grundbedingung der Ganzen aufgehoben würde.

Wir wollen nun untersuchen, wie sich die Sehachsen bei den entspre- 3323
chenden regelmäßigen Seitenbewegungen der beiden Augäpfel verhalten. Liegt der Leuchtpunkt an irgend einer erreichbaren Stelle der Mittellinie *ab*, z. B. in *a*, und sollen sich in ihm die Sehachsen schneiden, so muß *al* oder *kl* eben so sehr von der parallelen Lage *fg*, wie *an* oder *mn* von *hi* abweichen, weil *c* eben so weit von der Mittellinie *ab* als *e* absteht. Es sind mithin die Bogen *fk* nnd *mh* und die Winkel *ace* und *aec* unter einander gleich, weil *fce* und *hec* der Natur der Sache nach 90° betragen. Wendet sich dann der Blick seitwärts nach *o*, so muß die Sehachse *pq* von *kl* um eben so viel nach innen, wie *rs* von *mn* nach außen abweichen, wenn beide Augen die gleichen Winkelbewegungen vornehmen sollen. Es wird daher der Winkel $acw = weo$ sein. Da nun aber $cwe = acw + caw = wco + woe$ ist, so folgt, daß auch $cae = coe$, d. h. sollen die gemeinschaftlichen Bewegungen beider Augen gleichförmig bleiben, so müssen sich die Verlängerungen der beiden Sehachsen unter allen Verhältnissen unter den gleichen Winkeln schneiden.

Die Fortsetzungen der Sehachsen *ac* und *ae* oder *oc* und *oe* bilden 3324
Dreiecke, die den gegenseitigen Abstand der beiden Drehpunkte, nämlich *ce* zur Grundlinie haben. Sind nun die Durchschnittswinkel *cae* und *coe* unter einander gleich, so können wir sie als Peripheriewinkel eines Kreises ansehen, der durch *c* und *e* geht, in dem mithin *ce* eine gemeinschaftliche Sehne bildet. Die Zahl der Kreise ist unendlich groß, so lange nur *c* und *e* gegeben sind. Haben wir dagegen auch den Ort des Leuchtpunktes *a* oder *o*, in dem sich die Sehachsen in der Wirklichkeit kreuzen, so ist er auch als *aoec* bestimmt. Wir sehen hieraus, daß alle entsprechenden Leuchtpunkte, *a*, *o* u. s. f. in einem und demselben Bestimmungskreise liegen müssen, so wie sich beide Augen entsprechend bewegen und ihre Sehachsen in dem Lichtpunkte selbst schneiden sollen.

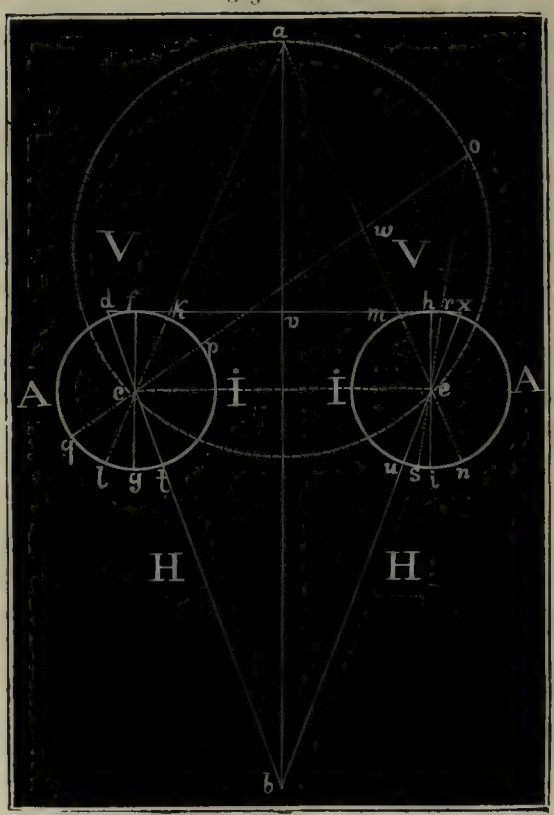
Die meisten Schriftsteller leiten diesen Satz aus der Annahme der Nothwendigkeit

der sogenannten Identität der beiden Netzhäute, die uns bei dem Einfachsehen beschäftigen wird, ab. Die, welche auf die Verhältnisse des Schielens genauer eingehen, setzen jene Lehre als eine unumstößliche Wahrheit voraus und gründen auf sie den größten Theil der übrigen Darstellung. Da sich aber manche Zweifel gegen diese Theorie, wie wir später finden werden, erheben lassen, so habe ich den Gegenstand hier sowohl, als in der Untersuchung der Verhältnisse des Schielens allgemein und ohne irgend eine optische Annahme durchzuführen gesucht.

3325 Die geradlinige Wendung von oben nach unten führt nicht zu dem Unterschiede, den der Seitenblick darbietet, weil die Trennungsebene des Kopfes ihre Beziehungen nicht bestimmt. Es müssen beide Augen nach oben oder beide nach unten rollen, je nachdem der Leuchtpunkt über oder unter der durch *ab* und *ce* gegebenen Fläche liegt.

3326 Die einzelnen Theile der beiden Augen und der Augenmuskeln befinden sich symmetrisch zu beiden Seiten der Mittellinie *ab* (Fig. 179.). Denken wir uns, das eine Auge sei auf das andere gelegt, daß *hiA* auf *fgl* trifft, so würden sich die beiden oberen und eben so die beiden unteren geraden Augenmuskeln vollständig decken, wenn sie genau um 90° von dem inneren und dem äußeren abständen. Da sie aber jenem etwas näher als diesem liegen (§. 3295.), so wird sich der eine obere oder untere gerade um eben so viel von der Mittellinie nach der einen Seite, wie der zweite gleichnamige nach der anderen entfernen. Dasselbe wiederholt sich für die schiefen Muskeln. Jede Seite wird endlich einen inneren und einen äußeren geraden enthalten. Alle sechs Augenmuskeln sind zwar entsprechend, aber entgegengesetzt gelagert. Die oberen und die unteren zeigen in dieser Hinsicht die unbedeutendsten, die schiefen verhältnißmäßig größere und die inneren und die äußeren die größten Abweichungen.

Fig. 179.



3327 Blicken wir gerade nach vorn *V* (Fig. 179.), betrachten wir z. B. den Punkt *a*, so müssen sich mindestens die beiden inneren geraden Augenmuskeln zusammenziehen. Gehen wir von der vollkommen ruhenden Lage aus, so verkürzen sie sich um gleich viel, weil die Drehungsbogen *fk* und *hm*, oder die Winkel *fck* und *hem*, so wie ihre Ergänzungen *kce* und *mec* unter sich gleich sind. Betrachten wir später jeden anderen Punkt, der in der Richtung *ab* liegt, so wird das Gleiche wiederkehren.

Geht man von dem Gedanken aus, daß jede Thätig-

keit eines geraden Augenmuskels die Gegenwirkung eines schiefen nöthig hat (§. 3314.), so müßten schon hier drei der Augenmuskeln in Anspruch genommen werden. Die Hauptwirkung kommt dem geraden inneren zu. Arbeitete aber diesem der untere schiefe Muskel in geringem Maaße entgegen, so müßte der untere gerade ausgleichend wirken, damit die vollkommen wagerechte Bewegung nach innen möglich würde.

Liegt der Leuchtpunkt immer noch in der Mittellinie, aber höher als 3328
die durch *ab* und *de* bestimmte Ebene, so müssen die Sehachsen beider Augen entsprechend nach oben und innen gewendet werden. Der obere, der innere gerade und der untere schiefe Muskel können dann den Forderungen für jedes Auge genügen.

Befindet sich der aufgefaßte Gegenstand seitlich, z. B. in *o*, und 3329
zwar noch innerhalb der durch *ab* und *de* bestimmten Ebene, so wird sich vor Allem der äußere gerade des einen und der innere des anderen Auges zusammenziehen. Der untere schiefe und der untere gerade oder der obere schräge und der obere gerade könnten hier wieder mit ihren Nebenwirkungen eingreifen.

Der innere gerade Muskel des einen Auges muß seine Sehachse um 3330
den Bogen *fp*, der äußere des anderen dagegen um den kleineren Bogen *hr* (Fig. 179.) rollen. Die Länge *oe* verhält sich aber zu *oc* wie der Cosinus des Bogens *fp* zu dem Cosinus des Bogens *hr*. Es wird sich mithin dieser Norm gemäß der innere gerade Muskel des einen Auges stärker verkürzen müssen, als der äußere gerade des anderen. Liegt der Punkt *o* höher oder tiefer, als die durch *ab* und *de* bestimmte Ebene, so lassen sich die einzelnen Muskeln, die eine bestimmte Bewegung nöthig haben, an zwei Kugeln, auf denen man sich die Wirkungsrichtungen aller Muskeln und die Orte der Enden der Augenachsen bezeichnet, ermitteln.

Die meisten Menschen sind nicht im Stande, die Divergenz ihrer 3331
Sehachsen, die ohnedies das genaue Sehen hindern würde, beliebig einzuleiten. Die Fälle, in denen dieses vorgekommen ist, gehören zu den seltenen Ausnahmen. Man kann dagegen bisweilen jene Stellung in Schlafenden wahrnehmen. Die Augen richten sich zwar oft im Augenblicke des Einschlafens nach innen und oben. Weckt man dagegen einen Menschen, der längere Zeit auf dem Rücken liegend geschlafen hat, so geschickt, daß die Lage seiner Gesichtswerkzeuge unverändert bleibt, so kann man in Einzelfällen bemerken, daß die Hornhäute nicht parallel, sondern etwas nach außen und oben stehen. Personen, die mit halboffenen Augen schlafen, geben nicht selten zu ähnlichen Beobachtungen Veranlassung. Sie lehren jedoch zugleich, daß die Augen im Schlafe die verschiedensten Stellungen einnehmen können und daß wahrscheinlich die Lagerung des Menschen und die Traumbilder diesen Wechsel bestimmen helfen. Tourtual [1]) bemerkte ebenfalls die Divergenz an einer Blinden,

[1]) Tourtual, in Ammon's Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie. Bd. I. Dresden und Leipzig, 1838. 8. S 238. De functionibus nervorum cerebralium et n. sympathici. p. 107. Melchior, a. a. O. S. 55. C. G. Th. Ruete, Neue Untersuchungen und Erfahrungen über das Schielen und seine Heilung. Göttingen, 1841. 8. S. 52.

die so große Staphylome hatte, daß sich die Orte der Hornhäute trotz des Verschlusses des Augenlides erkennen ließen.

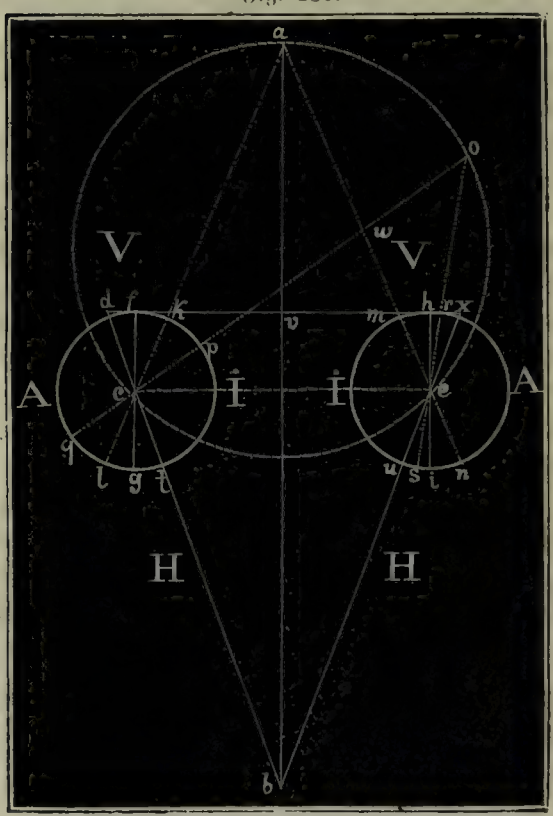
Regelwidrige Verhältnisse der Augenmuskeln. — Leidet ein Mensch an Ptosis des Augenlides, so bewegt sich noch meist der Augapfel nach oben oder unten auf eine dem anderen gesunden Sehorgane entsprechende Weise. Es wird daher auch häufig das Sehloch von dem oberen Augenlide bedeckt. Befiel hingegen die Krankheit beide Augendeckel, oder ist die Augenlidspalte wegen Verwachsung der Augenwinkel zu eng und zu tief nach abwärts geneigt, so müssen natürlich die Augäpfel fortwährend nach unten gerichtet werden. Personen der Art suchen sich dadurch zu helfen, daß sie den oberen Theil ihres Gesichtes fast anhaltend nach oben und hinten neigen.

Hat der Gesunde seine Augenmuskeln in einer bestimmten Richtung eingestellt, so behaupten die Sehachsen ihre einmal angenommene Lage, bis der Wille oder ein hoher Grad von Ermüdung die Unbeweglichkeit beseitigen. Selbst Blinde können häufig diese Sicherheit in der Wirkung ihrer Augenmuskeln besitzen.

Es kommt dagegen ausnahmsweise vor, daß die Ruhe des Auges verloren geht. Strengt sich ein Mensch in hohem Grade an, Gegenstände, die jenseit oder diesseit seiner mittleren Sehweite liegen, scharf aufzufassen, so kann man schon häufig ein merkliches Schwanken seiner Sehachsen wahrnehmen. Dasselbe wiederholt sich, wenn er in Verlegenheit kommt oder wenn andere Gemüthsbewegungen Muskelzittern veranlassen. Der Zustand, den die Augenheilkunde mit dem Namen des Augenzuckens oder des Nystagmus bezeichnet, geht aus einer auffallenden Steigerung dieses Wechselspieles der Augenmuskeln hervor. Die Augäpfel bewegen sich dann fortwährend wagerecht oder in krummen Bahnen, als könnten ihre Verkürzungsgebilde in keinem Augenblicke ihr Gleichgewicht wiederfinden.

Schielen. — Betrachten wir die Augenbewegungen des gesunden Menschen, so finden wir, daß die Wirkungsgrößen der gleichzeitig thätigen Augenmuskeln von den Entfernungen des Durchschnittspunktes der Sehachsen von den Drehpunkten abhängen. Liegt z. B. der Leuchtpunkt in der durch *ab* und *ce*, Fig 180., bestimmten Ebene und in dem Verlaufe der Mittellinie *ab*, so muß jedes der beiden Augen gleich weit nach innen gewälzt werden, weil *ac* eben so groß wie *ae* oder *fk* gleich *hm* ist. Steht der Gegenstand seitlich in *o*, so wird der eine Augapfel einen verhältnißmäßig größeren Bogen *fg* nach innen und der andere einen kleineren nach außen beschreiben (§. 3330.). Das Schielen besteht nur in der Störung dieser Verhältnisse. Die Augenachsen liegen nicht im Zustande völligen Gleichgewichtes wie *fg* und *hi* parallel. Sie neigen sich vielmehr nach vorn, wie *kl* und *hi* oder *kl* und *mn* bei dem Schielen nach innen und weichen nach vorn aus einander, wie *dt* und *hi* oder wie *dt* u. *xu*, bei dem Schielen nach außen.

Fig. 180.



Denken wir uns, das linke Auge schiele nach innen, so rollt der rechte Augapfel, wenn er *a* sehen will, um den Kreisabschnitt *hm*. Die Sehachse des linken dagegen steht z. B. in der Richtung *cp*, sei es, daß dieses Auge in demselben Augenblicke den größeren Bogen *fp* beschrieb oder daß es schon von der Bewegung weiter nach innen in *kl* stand und nun wieder

durch eine mit *mh* übereinstimmende Bewegung *kp* noch mehr nach innen gerückt ist. Das gesunde Auge wird daher einen in der Richtung *ab* liegenden Punkt, der seiner Vereinigungsweite entspricht, am schärfsten sehen. Derselbe Punkt liegt dagegen in der Linie *owp* für das schielende Auge.

Der richtige Blick besteht darin, daß die Bewegungen beider Augen unter allen Verhältnissen wechselseitig übereinstimmen. Der Schielende besitzt einen falschen Blick, der jedoch nicht immer in die Augen zu fallen braucht, wie wir bald bemerken werden.

Man unterscheidet gewöhnlich das unbewegliche Schielen (Luscitas) von dem beweglichen (Strabismus). Wir wollen zuerst diese beiden Zustände, wie es die Theorie forderte, betrachten, ohne vorläufig die Nebenverhältnisse, die in der Wirklichkeit hinzutreten, zu berücksichtigen.

Nehmen wir an, das eine Auge könne gar nicht gedreht werden, so daß z. B. seine Sehachse in der Richtung *fg* unter allen Bedingungen liegen bleibt, so wird es nur eine Bestimmungslinie, nämlich die geradlinige Verlängerung von *fg* geben, in der sich der Fehler nicht auf der Stelle verräth. Könnte das unbewegliche Auge Bilder äußerer Gegenstände zur Anschauung bringen, so würde jene einzige gleichsam regelrechte Stellung von der Sehweite abhängen. Nehmen wir diese von dem Drehpunkte an, so müßte das gesunde Auge seine Sehachse aus der parallelen Lage so weit nach innen wälzen, daß der Cosinus des Drehungsbogens dem Abstande des gesehenen Punktes von dem Drehpunkte des kranken Auges getheilt durch die Entfernung desselben von dem des gesunden gleicht. Alle anderen Bewegungen würden ungleichförmig ausfallen.

Denken wir uns, daß die sämmtlichen Muskeln des einen Auges fehlen, daß sie völlig gelähmt sind oder sich gegenseitig unter allen Verhältnissen gänzlich aufheben, die des anderen dagegen thätig bleiben, so müßte ein vollständiges unbewegliches Schielen zu Stande kommen. Das Gleiche würde sich wiederholen, wenn Ausschwitzungen den Augapfel unverrückbar befestigten. Alle diese Bedingungen gehören zwar nicht zu den Unmöglichkeiten, sie dürften nur äußerst selten vorkommen.

Man beruft sich hierbei häufig auf einen von Wrisberg beobachteten Fall, den Olbers[1]) mitgetheilt hat. Das rechte Auge eines Mannes soll hier im Leben unbeweglich nach außen gestanden haben. Die Leichenöffnung lehrte aber, daß der innere gerade Augenmuskel fehlte, während der obere und der untere zu einer Masse verschmolzen waren. Setzt man voraus, daß alle vorhandenen Augenmuskeln nicht völlig gelähmt waren, so mußte die angebliche Ruhe des Augapfels auf Täuschung beruhen. War dieses nicht der Fall, so lag der wesentliche Grund der Unbeweglichkeit nicht in der Abwesenheit des inneren geraden Muskels, sondern in der Unthätigkeit der übrigen Verkürzungsgebilde.

Man könnte auf den ersten Blick vermuthen, daß ein völlig erblindetes Auge ruhig stehen bleibt, weil es ohnedies nicht die äußeren Eindrücke aufnehmen kann. Die Erfahrung widerlegt aber diese Voraussetzung. Hat sich auch das eine Gesichtsorgan in einen unförmlichen Stumpf, in dessen Inneres kein Lichtstrahl dringen kann, verwandelt, so folgt es doch den Bewegungen des anderen Auges in gleichförmiger oder ungleichförmiger Weise. Es kommt daher hier zu keinem unbeweglichen Schielen. Sind selbst beide Augen auf diese Art erblindet, so kann das Gleiche wiederkehren.

Andere Verhältnisse machen ein unvollständiges unbewegliches Schielen möglich. Nehmen wir an, die Augenachse *hi*, Fig. 180., könne sich nur bis *r* verrücken, während das Auge, dem *fg* angehört, gesund ist, so können die Gesichtswerkzeuge regelrecht eingestellt werden, so lange sich die Leuchtpunkte zwischen *a* und *o* befinden. Liegen sie dagegen weiter nach der Seite *A*, so wird das rechte Auge still stehen und das linke scheinbar zu weit nach innen rücken. Jenes kann zugleich nicht mehr den Lichtpunkt an dem hinteren Ende seiner Sehachse abspiegeln.

Befestigt sich ein Muskel des einen Auges an einer ungewöhnlichen Stelle, so wird die Gleichförmigkeit der Augenbewegungen, an denen er Theil nimmt, gestört werden, so wie seine eigene Verkürzung oder die der anderen Muskeln nicht im Stande ist, das Mißverhältniß auszugleichen. Es vermag daher ein angeborenes bewegliches Schielen auf diesem Wege bedingt zu werden. Chirurgische Eingriffe oder selbstständige Ausschwitzungen können die gleichen Folgen nach sich ziehen.

---

[1]) H. W. M. Olbers, Diss. de oculi mutationibus internis. Gottingae, 1780. 4. p. 37. 38.

Viele Schielende leiden aber an keinen Fehlern der Art. Sind ihre Augenmuskeln richtig angeheftet und können sie vollkommen frei spielen, so müssen wir den Mangel an Uebereinstimmung in einer Störung der regelrechten Längenbeziehungen oder der geforderten Kraftwirkungen suchen. Ist der eine Muskel zu kurz, zieht er sich aber an und für sich eben so stark und mithin seiner geringeren Länge wegen verhältnißmäßig weniger zusammen, so können die beiderseitigen Augenbewegungen die gewöhnlichen Beziehungen nicht darbieten. Ist umgekehrt Alles, wie es soll, gebildet, verkürzt sich aber der eine Theil stärker, als der andere, so muß wiederum ein regelwidriges Verhältniß herbeigeführt werden.

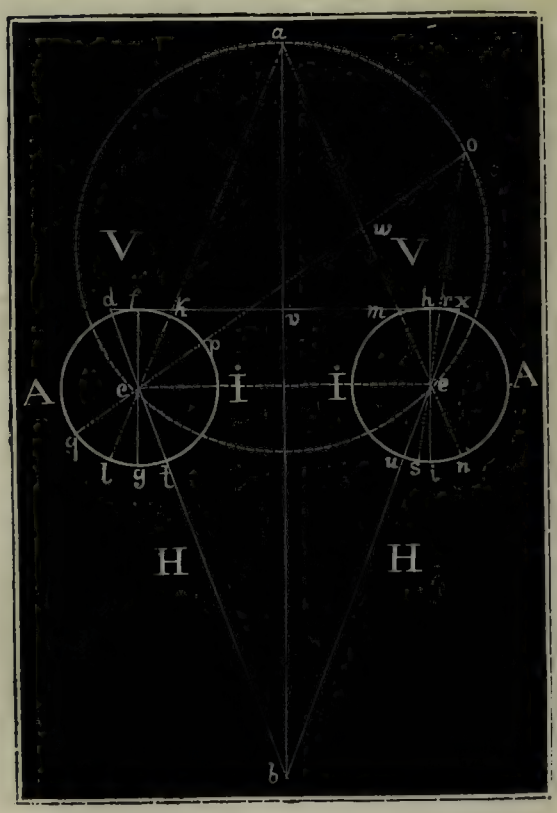
Sollen wir beide Sehachsen so richten, daß sie sich in den am schärfsten gesehenen Punkte schneiden, so ist immer eine gewisse, wenn auch unbewußte Berechnung der Nervenwirkung nothwendig. Fehlt diese, so wird sich auch das Schielen von selbst einfinden. Es kommt dann vor, daß ein Mensch, dessen Augenstellung für eine unendliche Entfernung den regelrechten Verhältnissen entspricht, seine Sehachsen schielend stellt, d. h. seine inneren geraden Muskeln ungleichförmig zusammenzieht, so wie er einen näheren Punkt betrachten will. Sehr reizbare Personen, die sonst nicht schielen, verfallen bisweilen in diesen Fehler, so wie sie in Angst oder Verlegenheit gerathen. Hat dieses vorübergehende Schielen eine Zeit hindurch angehalten, so verharrt es meist später unter allen Verhältnissen. Wir finden dann eine bleibende regelwidrige Augenstellung.

Das schielende Auge kann nach innen, nach außen, nach oben, nach unten oder in einer schiefen Mittelrichtung abweichen. Stehen beide oder eine Sehachse zu weit nach innen, so haben wir ein convergirendes und in dem entgegengesetzten Falle ein divergirendes Schielen.

Man stößt am häufigsten auf regelwidrige Stellungen nach innen, nach oben und innen oder nach unten und innen. Die Abweichungen nach außen werden nächst ihnen am öftersten beobachtet, diejenigen dagegen, die nur die Verrückung nach oben oder unten betreffen, am seltensten.

Nehmen wir nun an, das linke Auge eines Menschen schiele nach innen, so daß sich seine Sehachse in pq, Fig. 181., befindet, wenn die des gesunden rechten Auges in hi liegt, so haben wir ein bloßes einäugiges Schielen. Der Bogen fp bildet dann einen regelwidrig hinzukommenden positiven oder negativen Werth für alle Bewegungen, die beide Augen gemeinschaftlich vornehmen. Er bleibt zugleich in der Regel seiner Größe nach beständig. Er kann jedoch auch bei dem bloßen vorübergehenden krampfhaften Schielen wechseln. Wir wollen den von ihm abhängigen Winkel $fcp = \alpha$ den Schielwinkel nennen.

Fig. 181.



Wir werden in der Optik des Auges sehen, daß das schielende Auge schwächer als das gesunde ist und daher auch diesem gegenüber häufig vernachlässigt wird. Soll ein Leuchtpunkt scharf angesehen werden, so wird zunächst die Sehachse des regelrecht thätigen Auges auf ihn gerichtet. Die Abweichung kommt daher immer auf die Schuld des kranken Gesichtswerkzeuges. Läßt man aber solche Personen ihr besseres Auges schließen, so richtet sich die Sehachse des schielenden mit Leichtigkeit passend ein, während

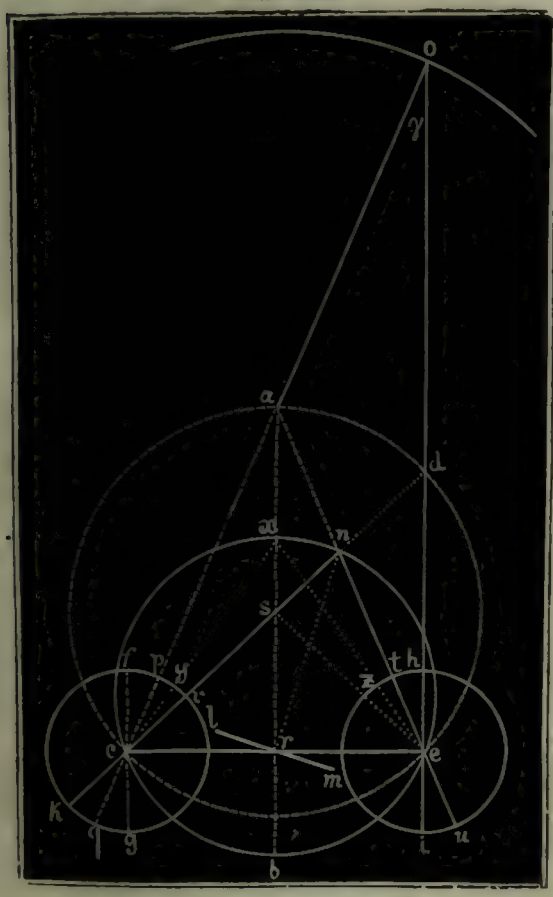
die schiefe Stellung dem nun geschlossenen gesunden Auge ganz anheimfällt [1]). —

Fig. 182. kann uns klar machen, welche Verhältnisse bei diesem Wechselspiele zu Stande kommen. Nehmen wir an, die Sehachse des gesunden Gesichtsorganes stehe in hi und des kranken in pq, so ergänzt $pce = \beta$ den Schielwinkel $fcp = \alpha$ zu 90°, wenn fg (und hi) auf ce senkrecht stehen. Verlängern wir die beiden Sehachsen, bis sie sich in o treffen, so muß ihr gegenseitiger Durchschnittswinkel γ dem Schielwinkel α gleichen. Wir sehen hieraus, daß sich die Sehachsen eines einseitig nach innen schielenden Menschen in dem Zustande des völligen Gleichgewichtes unter dem Schielwinkel schneiden, während die der gesunden Augen in dem gleichen Falle parallel bleiben.

Die drei Punkte o, c und e bestimmen einen Kreis, der unter gesunden Verhältnissen unmöglich ist. Da $oec = 90°$, so muß der Mittelpunkt desselben, a, im Laufe der Linie oc oder der Verlängerung der Sehachse des schielenden Auges liegen.

Schließt der Mensch das gesunde Auge und stellt sich die Sehachse pq in fg ein, so wird sich diese um den Bogen fg nach außen wälzen. Dreht sich nun der rechte Augapfel um eben so viel, so kehren sich die Verhältnisse um. Die Sehachsen schneiden sich wiederum unter dem Schielwinkel, und zwar jetzt an der Seite des kranken Gesichtswerkzeuges.

Fig. 182.



Wir wollen nun den gesunden und den abnormen Zustand genauer vergleichen. Stehen beide Augen regelrecht, so daß die Sehachsen fg und hi, Fig. 182., die Verbindungslinie der Drehpunkte c und e senkrecht schneiden und entspricht a einer in der Mittellinie ab aufgefaßten Stelle, so sind die Drehungswinkel fcp und het gleich. Nennen wir sie α', so haben wir für die Neigungswinkel $ace = aec = 90° - \alpha'$. Der Durchschnittswinkel der Sehachsen cae gleicht daher $2\alpha'$. Wir sahen aber schon früher (§. 3324.), daß die Punkte a, c und e einen Bestimmungskreis liefern, in dessen Peripherie die Durchschnittspunkte der Sehachsen bei jeder beliebigen Neigung fallen, so daß z. B. auch $cde = 2\alpha'$ ist.

Nehmen wir jetzt an, das linke Auge schiele nach innen und dessen Schielwinkel sei z. B. $fcp = \alpha$, so haben wir drei Fälle zu betrachten, den, in welchem sich beide Augen nach innen wenden, den, in dem das gesunde nach innen und das kranke nach außen geht, und endlich den, in dem das Umgekehrte der Fall ist.

Denken wir uns, beide Augäpfel wälzten sich nach innen um den Winkel $pcv = het = \alpha'$, so erhalten wir für die Neigung des schielenden Auges oder für $nce = 90° - \alpha - \alpha'$ und für die des gesunden oder $nec = 90° - \alpha'$. Es ist daher der Durchschnittswinkel der Verlängerung der Sehachsen, nämlich $cne = \alpha + 2\alpha'$. Da nun der den gleichen Verhältnissen entsprechende Winkel der

[1]) L. Böhm, Das Schielen und der Sehnenschnitt in seinen Wirkungen auf Stellung und Sehkraft der Augen. Berlin, 1845. 8. S. 186 fgg.

gesunden Augen, nämlich $cae = 2\alpha'$ war, so sehen wir, daß sich bei diesem einseitigen Schielen die Sehachsen unter einem Winkel schneiden, der den gleichen Winkel der regelrecht bewegten Augen um den Schielwinkel übertrifft.

Die drei Punkte n, c und e geben ebenfalls einen Bestimmungskreis. Er muß aber einen kleineren Halbmesser, als der von a, c und e abhängige Kreis, der den gesunden Augen angehört, besitzen, weil beide die Sehne ce gemeinschaftlich haben und der Winkel cne größer als der Winkel cae ist.

Stellen wir uns vor, die Sehachse des schielenden Auges hätte die Neigung $nce = 90° - \alpha - \alpha'$ und die des gesunden die Neigung $nec = 90° - \alpha'$ eingenommen, damit sich die Sehachsen in n schneiden, so soll jetzt dieser Durchschnittspunkt nach der Seite des gesunden Gesichtswerkzeuges rücken, indem sich beide Augäpfel um den gleichen Winkel β wälzen. Der kranke Augapfel geht dann nach innen und der gesunde verhältnißmäßig nach außen. Jener hat daher $90° - \alpha - \alpha' - \beta$ und dieser $90° - \alpha' + \beta$ als Neigungswinkel. Der Durchschnittswinkel ist daher wiederum $= \alpha + 2\alpha'$. Dasselbe wiederholt sich, wenn der Durchschnittspunkt der Sehachsen auf der Seite des kranken Auges liegt, weil dann die Neigung dieses $90° - \alpha - \alpha' + \beta$ und die des kranken $90° - \alpha' - \beta$ ist. Der Kreis nce ist daher wiederum der Bestimmungskreis für alle Durchschnittspunkte, sobald sich die beiderseitigen Gesichtswerkzeuge um gleich viel wälzen. Dieses einseitige Schielen erzeugt mithin einen kleineren gemeinschaftlichen Durchschnittskreis, als die regelrechte Bewegung der Augen.

Wir haben den Schielwinkel fcp in Fig. 184. so gezeichnet, daß er mit der ersten Bewegungsweise der gesunden Augen zusammenfiel, daß mithin $\alpha = \alpha'$ ist. Nun war der Winkel $cae = 2\alpha = 2\alpha'$ und $\gamma = \alpha$. Hieraus folgt, daß $\gamma = aed$ und $ae = ac$ sein muß, d. h. verlängern wir die Sehachse des nach innen schielenden und im Zustande des Gleichgewichtes befindlichen Auges, bis sie die gerade nach vorn gerichtete Sehachse des gesunden Auges schneidet, so trifft die Mittellinie ab jene Linie ac gerade in ihrer Mitte. Der Punkt a ist der Mittelpunkt des durch o, e und c gegebenen Kreises. Er entspricht zugleich demjenigen Punkte, in dem sich die Sehachsen der gesunden Augen schneiden, wenn sie sich beiderseits von dem Parallelismus aus um den Schielwinkel nach innen entfernen.

Machen wir die Bogen fp, pv und th unter sich gleich und eben so groß, als der Schielwinkel α ist, so entspricht die Stellung der Sehachsen cn und ne der gleichförmig nach innen auf die Mittellinie ab gerichteten Wendung der Sehachsen ac und ae der gesunden Augen. Der Winkel nce ist $= 90° - 2\alpha$ und der Winkel $nec = 90° - \alpha$. Daher cn größer, als ne. Da nun $sec = sce = 90° - 2\alpha$ ist, so muß auch cn länger als cs sein. Nehmen wir die beiderseitige Wendung nach innen beliebig an und nennen wir sie β, so wiederholt sich das Gleiche. Denn nce wird dann zu $90° - \alpha - \beta$, nec zu $90° - \beta$, cne zu $\alpha + 2\beta$ und cse zu $2\alpha + 2\beta$; d. h. ziehen sich die beiden gesunden Augen um gleich viel nach innen von ihrer Gleichgewichtslage aus zusammen, so schneiden sich die Sehachsen in einem Punkte a der senkrechten Mittellinie ab. Wiederholen das schielende und das gesunde Auge das Gleiche, so treffen sich die Augenachsen in einem Punkt n, der dem gesunden Auge näher als dem kranken liegt. Der Unterschied der beiderseitigen entsprechenden Abweichungen gleicht aber wiederum dem Schielwinkel.

Dieser Schluß erklärt uns zwei Eigenthümlichkeiten, die man häufig in solchen schielenden Menschen antrifft. Bewegt der Gesunde seine beiden Augen gleichförmig nach innen, so stimmt die Richtung der Sehachsen ac und ae mit den Beziehungen der Kopfstellung von selbst überein, weil ab die Mittellinie ist. Der Schielende verfällt aber in diesem Falle in einen Widerspruch, weil n jenseit ab und zwar dem gesunden Auge näher liegt. Soll dieses ausgeglichen werden, so stehen zwei Mittel zu Gebote.

1) Das gesunde Auge bewegt sich ebenfalls zu sehr nach innen. Seine Sehachse richtet sich nicht in etu, sondern in ez, so daß der Durchschnittspunkt in x fällt. Man kann in der That häufig wahrnehmen, daß ein Mensch, der auf einem Auge nach innen schielt, geneigt wird, sich denselben Fehler an dem anderen anzueignen. Oder

2) der Kranke wendet den Kopf so, daß die Verbindungslinie der beiden Drehpunkte ce in der Verlängerung der Linie lm, die auf nr senkrecht ist, zu stehen kommt. Er legt daher gleichsam die regelrechte Mittellinie ab um den Schielwinkel $xrn = fca = \alpha$, Fig. 184., um und richtet die Seite des schielenden Auges l weiter nach vorn

und die des gesunden *m* weiter nach hinten. Er eignet sich auf diese Weise eine schiefe Haltung des Kopfes, wie es Fig. 183. zeigt, an. Berücksichtigt man diesen Umstand, den Böhm besonders hervorgehoben, nicht, so weiß man oft in dem ersten Augenblicke nicht zu entscheiden, welches der beiden Augen ursprünglich krank ist.

Fig. 183.

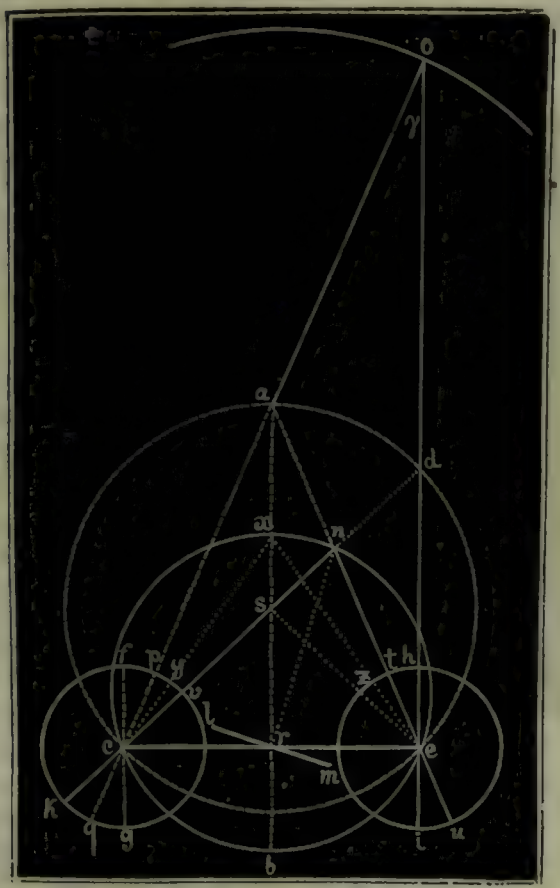


Fig. 184.

Vergleichen wir diese beiden Verbesserungsweisen unter einander, so finden wir, daß sie in ihren Hauptpunkten übereinstimmen. Denken wir uns die Gleichgewichtslage, so steht die Sehachse des schielenden Auges in *pq* und die des gesunden in *hi*, Fig. 184. Drehten sie sich um die gleichen Bogen *pv* und *th*, so schnitten sich ihre Verlängerungen in *n*. Schielt dagegen auch das rechte Auge, damit es den Punkt *s*, der zugleich in *cn* und *ab* liegt, erreicht, so muß es um den Schielwinkel $sen = fcp$ weiter nach innen bewegt werden. Der Durchschnittspunkt *s* rückt aber dann um *sn* dem kranken Auge näher.

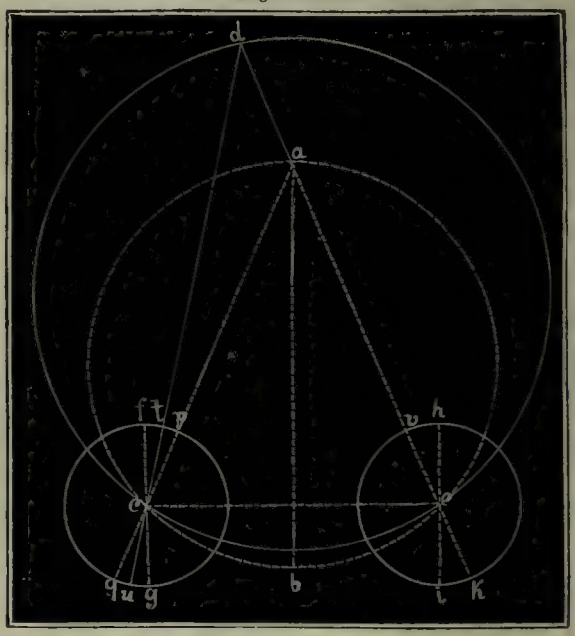
Dreht der Mensch seinen Kopf, so daß *cc* in *lm* zu liegen kommt und *nr* zur Mittellinie wird, so neigen sich beide Sehachsen unter gleichen Winkeln, so wie der Schielende einen in der Linie *nr* oder deren Verlängerung befindlichen Punkt auffassen will. Soll dieses möglich sein, so muß sich wieder das gesunde Auge um den Schielwinkel stärker verkürzen. Geht aber *c* nach vorn und *e* nach hinten, so wird der Abstand des Durchschnittspunktes der Sehachsen von dem Drehpunkte für das kranke Auge verhältnißmäßig kürzer und für das gesunde verhältnißmäßig länger. Wir werden aber in der Folge finden, daß das nach innen schielende Auge eine geringere Entfernung für das völlig deutliche Sehen, als das gesunde besitzt. Die Verbesserung bezweckt daher nicht bloß, die symmetrischen Beziehungen des Kopfes und der Augen wiederherzustellen, sondern auch beide Gesichtswerkzeuge so sehr als möglich in's Gleichgewicht zu setzen. Die Kranken können, wie sie sich nach Böhm auszudrücken pflegen, bequemer, ruhiger und ausdauernder sehen.

Der Fehler, in den das gesunde Auge verfällt, beruht nur auf einer Art willkür-

licher Verbesserung, deren Nothwendigkeit mit der Beseitigung des Leidens des kranken Gesichtswerkzeuges hinwegfällt. Man kann daher leicht irren und sogar unmittelbar schaden, wenn man sich verleiten läßt, das ursprünglich gesunde Auge, gleich dem kranken, operativ zu behandeln.

Wir werden in der Lehre vom Sehen kennen lernen, welchen Einfluß die optischen Verhältnisse auf das Schielen nach innen ausüben und wie demgemäß die Unrichtigkeit an einem Auge bleibender wiederkehrt oder zwischen beiden wechselt.

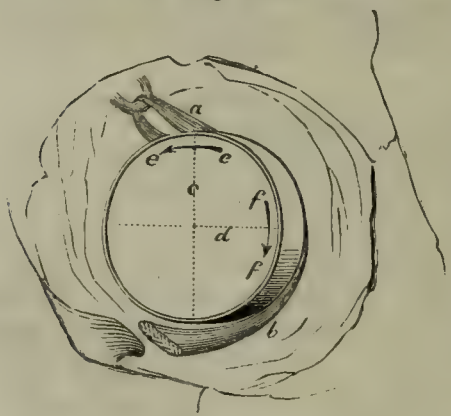
Fig. 185.



Wir wollen nun annehmen, ein Mensch schiele auf einem Auge nach außen, so daß sich die Sehachse um den kleineren Bogen *ft*, Fig. 185., nach innen bewegt, wenn das gesunde um den größeren *vh* nach innen rollt. Der Winkel $veh = pcf$ sei $= \alpha$ und $fct = \beta$. Die Neigung des gesunden Auges oder *dec* wird dann $90° - \alpha$ und die des kranken oder *dce* $90° - \beta$, folglich der Durchschnittswinkel *cde* $\alpha + \beta$ betragen. Der Durchschnittswinkel der gesunden Augen oder *cae* gleicht aber 2α (S. 39.). Da nun β kleiner als α ist, so muß auch 2α größer als $\alpha + \beta$ sein, d. h. der Durchschnittspunkt *d* rückt weiter hinaus, als α und zwar nach der Seite des kranken Auges. Wiederholt man das Verfahren, das S. 40. für das Schielen nach innen angegeben ist, so findet man, daß die Durchschnittspunkte der Sehachsen bei den gleichförmigen Wendungen nach innen und außen in dem durch *d*, *c* und *e* gegebenen Bestimmungskreise bleiben. Das Schielen des einen Auges nach innen erzeugt mithin einen Durchschnittskreis, der kleiner, und das nach außen einen solchen, der größer, als der der gesunden Augen ist. Die Umkehrung der Beziehungen, die wir für den ersteren Fall S. 40. entwickelt haben, ergiebt sich dann von selbst.

Das Schielen nach innen, außen, oben oder unten verräth sich auf der Stelle durch die Unrichtigkeit des Blickes. Manche Forscher [1]) haben aber noch eine Art von Radschielen, bei dem dieses nicht der Fall sein soll, angenommen und es der ungleichartigen Verkürzung eines oder der zwei schiefen Augenmuskeln zugeschrieben. Denkt man sich, diese Muskeln befänden sich an beiden Augen im Gleichgewicht, so werden *c* und *d*, Fig. 186., übereinstimmend liegen, nämlich *d* des einen Auges in einer Linie mit *d* des zweiten fallen und *c* des einen dem *c* des anderen parallel laufen. Ist dagegen der eine schiefe Muskel oder sind beide gleichnamigen verkürzt, so hört jene Harmonie auf. Das vorzüglichste Zeichen, welches dieses Leiden verräth, soll in der Wahrnehmung von Doppelbildern bestehen, während die Sehachsen selbst ihre regelrechte Stellung behaupten. Erinnern wir uns aber dessen, was früher über das Zusammenwirken der Augenmuskeln und die Beziehungen der Drehungsachsen der schiefen Muskeln zu den Sehachsen dargestellt

Fig. 186.



[1]) Ruete, Ueber das Schielen. S. 50 — 52. und dessen Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S. 649.

worden, so können wir mit Recht bezweifeln, ob je ein reines Radschielen, das von keinem falschen Blicke begleitet ist, vorkommen kann.

2. Optische Vorbegriffe.

Wesen des Lichtes. — Newton und dessen Nachfolger nehmen 3232
an, daß Theilchen eines eigenen unwägbaren Stoffes, welche der Leuchtkörper auswirft, das Licht selbst bilden. Sie entfernen sich aber von ihm mit sehr großer Geschwindigkeit (Bd. I. §. 250.). Begegnen ihnen hierbei fremdartige wägbare Massen, so ändern die anziehenden und abstoßenden Kräfte der Molecüle derselben die Bahnen und die Geschwindigkeiten jener Leuchtpunkte. Da diese Vorstellung eigenthümliche Atome des Lichtstoffes, die aus den leuchtenden Körpern kommen, voraussetzt, so nennt man sie auch die **Ausfluß-**, die **Emissions-**, die **Emanations-** oder die **Corpusculartheorie.**

Descartes und vorzüglich **Huyghens** und **Euler** gingen von 3333
einer anderen Reihe von Grundgedanken aus. Sie stellten sich vor, daß eine besondere unwägbare Masse, der Aether, alle Räume des uns sichtbaren Weltalls durchdringt. Der leuchtende Stoff erzeugt eine Reihe von Schwingungen, die sich in jenem Aether wellenartig verbreiten. Treffen die Erschütterungen unsere Netzhaut, so erhalten wir den Eindruck des objectiven Lichtes.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit (§. 3038.) eines Mittels hängt zu- 3334
nächst von dem Quotienten seiner Elasticität und seiner Dichtigkeit ab. Da sich das Licht mit außerordentlicher Schnelligkeit weiter bewegt, so Anhang Nr. 125.
ergiebt sich von selbst, daß der Aether eine sehr bedeutende Elasticität oder eine sehr geringe Dichtigkeit oder beide Eigenschaften zugleich besitzen muß. Durchdringt er alle wägbaren Stoffe, so läßt sich schon ein sehr niedriger Werth der Dichtigkeit von vorn herein erwarten.

Diese zweite Anschauungsweise heißt die **Wellenlehre** oder die 3335
Undulationstheorie des Lichtes. Die schon von **Grimaldi**[1]) im 17. Jahrhundert bemerkten und von **Young**, **Fresnel**, **Frauenhofer** und **Schwerd** genauer verfolgten Interferenzerscheinungen lassen sich nach ihr leicht erklären, während sie viel Räthselhaftes für die Ausflußtheorie darbieten. Der erste Sieg, den die Wellenlehre davontrug, lag in diesen Verhältnissen. Die Entdeckung der einfachen Polarisation durch **Malus** und der elliptischen durch **Brewster** lieferten neue Thatsachen, deren Ursachen nur die Wellenlehre in befriedigender Weise entwickeln konnte. **Fresnel**[2]) stützte auch dann diese Vorstellung mit der ganzen Kraft seines scharfsinnigen Geistes. Die mathematischen Leistungen von **Cauchy** und **Neumann** führten die auf diesem Boden fußenden Forschungen wesentlich weiter. Kann eine Theorie Entdeckungen voraussagen, so liefert sie einen neuen Wahrscheinlichkeitsbeweis für die Richtigkeit, wenig-

---

[1]) Siehe Annales de Chimie et de Physique. Tome X. Paris, 1819. 8. p. 306—312.
[2]) Vergl. vorzüglich **Fresnel** in **Poggendorff's** Annalen. Bd. XXX. Ergänzungsband. Leipzig, 1836. 8. S 100 — 261.

stens eines Theiles ihrer Voraussetzungen. Die Wellenlehre leistete dieses für die sogenannte conische Refraction (§. 3395.), die Hamilton als mathematische Nothwendigkeit erkannt und Lloyd auf dem Wege des Versuches nachgewiesen hat.

3336 Hat ein Lichttheilchen, wie es die Ausflußtheorie annimmt, die Netzhaut getroffen, so verharrt der Eindruck eine Zeit lang, nachdem selbst die ursprüngliche Wirkung aufhörte. Wir werden später finden, daß eine zweite verschiedene Empfindung wenigstens erst nach $\frac{1}{30}$ Secunde aufgefaßt werden kann. Da aber ein Lichttheilchen, das von einem entfernten Gestirn ausströmt, 283 Millionen Meter in der Secunde durchläuft (Bd. I. §. 250.), so ergiebt sich von selbst, daß zwei Leuchtatome wechselseitig mehr als 9 Millionen Meter in gerader Richtung entfernt sein könnten, ohne daß sich ihr Abstand für unsere Gesichtsauffassung verrathen würde.

3337 Die Brechung, die ein Lichtstrahl bei seinem Eintritte in ein ablenkendes Mittel erleidet, bildet nach Newton die Folge der Anziehung, welche die Molecüle der zweiten Masse auf die Lichttheilchen ausüben. Die Geschwindigkeit der Bewegung vermehrt sich daher im Verhältniß der Größe der Ablenkung. Dieselbe Voraussetzung, auf die wir noch später zurückkommen werden, kann noch den Fall, in dem ein Strahl zur hinteren Seite des neuen Brechungsmittels gar nicht heraustritt, sondern gänzlich zurückgeworfen wird (siehe §. 3352.), befriedigend erläutern. Läuft ein Strahl in sein früheres Mittel zurück, so muß hier die abstoßende Kraft der Molecüle in dem Maaße, als die Reflexion überhaupt zu Stande kommt, die anziehende überwinden. Die Geschwindigkeit des rückkehrenden Strahles ändert sich aber nicht, weil seine Lichttheilchen mit den früheren Molecülen in Wechselwirkung treten.

3338 Da ein Strahl, der in eine neue Masse eintritt, zum Theil gebrochen und zum Theil zurückgeworfen wird, so sieht man leicht, daß die Atome desselben Körpers anziehend und abstoßend wirken müssen. Newton suchte diese Schwierigkeit durch die Erfindung gewisser bildlicher Anschauungsweisen zu umgehen. Seine sogenannten Anwandlungen beziehen sich auf diese Verhältnisse. Man denkt sich hiernach, daß jedes Atom des Brechungskörpers aus Kugelschalen, die wir der Reihe nach mit 1, 2, 3, 4, 5 u. s. f. bezeichnen wollen, besteht. 1, 3, 5, 7 u. s. w. werfen einen farbigen Lichtstrahl leichter zurück; 2, 4, 6, 8 dagegen lassen ihn eher durch. Das Körperatom enthält mithin abwechselnde Schichten, von denen sich die eine in der Anwandlung der Reflexion und die folgende in der der Refraction befindet. Andere suchten den Unterschied in den mannichfachen Seitenflächen und noch Andere in den gegenseitigen Entfernungen der Atome. Alle diese künstlichen Voraussetzungen, die im Grunde genommen Nichts erklären, sondern nur die Schwierigkeiten umschreiben, haben jetzt nur noch einen geschichtlichen Werth, weil jene Verhältnisse der gleichzeitigen Zurückwerfung und Durchdringung ohne alle Nebenhypothese von der Wellenlehre erklärt werden können.

3339 Ein und dasselbe Mittel lenkt die verschiedenartigen Strahlen in ungleichem Maaße unter sonst übereinstimmenden Bedingungen ab. Der eine

Grenzpunkt des sichtbaren Farbenspectrums, das äußerste Roth, besitzt die geringsten und der andere, das höchste Violett, die größte Brechbarkeit. Uebersetzen wir dieses in die Sprache der Ausflußtheorie, so wird jedes Atom des Brechungskörpers die verhältnißmäßig kleinste Anziehung für ein rothes und die größte für ein violettes Lichttheilchen besitzen. Die Geschwindigkeit des letzteren muß relativ mehr, als des ersteren zunehmen. Newton fand zunächst die Ursache dieser Erscheinung in der größeren Trägheit, dem stärkeren Widerstande der weniger brechbaren Lichtatome. Da aber die Anziehung von den Massen abhängt, so bezogen andere Forscher die Verschiedenheit der Brechbarkeit auf die Größenunterschiede der leuchtenden Atome.

Eine der Grunderscheinungen der Polarisation besteht darin, daß ein 3340
Lichtstrahl, den eine unter 35°25′ geneigte gläserne Spiegelplatte zurückwirft, von einem anderen gleich geneigten Spiegel nicht mehr zurückgeworfen wird, so wie sich die beiderseitigen Reflexionsebenen senkrecht schneiden. Fallen sie dagegen zusammen, so kann auch unser Auge die von dem zweiten Spiegel zurückkehrenden Strahlen bemerken (Bd. I. §. 302.). Denkt man sich, daß jedes Lichttheilchen zwei gegenüberstehende Flächen mit abstoßenden und zwei andere gegenüberliegende mit anziehenden Kräften hat, so kann man annehmen, daß sich die Lichtmolecüle des von dem unteren Spiegel zurückgeworfenen Strahles so ordnen, daß ihre Reflexionsflächen längs der Polarisationsebene und die anderen senkrecht auf ihr vertheilt sind. Der obere Spiegel wird mithin das Licht nur, wenn er in jeder Beziehung dem unteren parallel ist, zurückwerfen. Haben wir ihn aber um 90° in wagerechter Bahn gedreht, so treffen ihn die nicht reflectirenden Flächen der Lichttheilchen. Biot suchte daher auf diese Weise jene Grunderfahrung mittelst der Ausflußtheorie zu erklären.

Wir haben diese Auffassungsweise deshalb berührt, weil sie den Grund 3341
lieferte, weshalb man die Erscheinung überhaupt mit dem Namen der Polarisation der Lichttheilchen belegte. Die Farbenbilder, zu denen Blättchen von Gyps oder von anderen doppeltbrechenden Körpern führen, lassen sich übrigens durch jene einfache Hypothese nicht erklären. Man muß vielmehr annehmen, daß die Stellung der Lichttheilchen des polarisirten Strahles nicht unverändert bleibt, daß sich vielmehr ihre Flächen bei dem Durchgange durch das Gypsblättchen von ihrer polarisirten Lage entfernen und sich ihr von Neuem annähern.

Diese kurze Darstellung dürfte schon zu der Ueberzeugung führen, daß 3342
die Ausflußlehre zu Annahmen, die wir keineswegs als die natürlichen Folgen eines einfachen Grundsatzes betrachten können, gedrängt wird. Soll sie von allen Interferenzerscheinungen Rechenschaft geben, so reichen selbst die künstlichsten Voraussetzungen nicht hin. Fresnel zeigte überdies, wie manche ihrer unabweisbaren Folgerungen den Ergebnissen der Beobachtung geradezu widersprechen.

Die Wellenlehre des Lichtes fußt auf denselben Begriffen der spe- 3343
cifischen Elasticität, der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, der Wellenlänge und der Schwingungsweite, die wir schon bei Gelegenheit der Betrach-

tung der Schallwellen erläutert haben (§§. 3032., 3038. und 3043.). Bleibt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gleich, so muß die Wellenlänge in umgekehrtem Verhältnisse zur Zahl und in gleichem zur Dauer der Schwingung eines einzelnen Aethermolecüls stehen (§. 3043.). Wir werden bald sehen, daß der wesentliche Unterschied der Farben auf dieser Erscheinung beruht. Das äußerste Roth des sichtbaren Spectrums besitzt Anfang Nr. 167. die größten Wellenlängen oder die kleinsten Schwingungszahlen und die größten Schwingungszeiten; das äußerste Violett dagegen die kürzesten Wellen und die zahlreichsten Schwingungen der Aethermolecüle. Jenes kann daher mit dem tiefsten und dieses mit dem höchsten Tone, den unser Ohr aufzufassen im Stande ist, verglichen werden.

3344 Nehmen wir an, die Elasticität des Aethers sei in allen Richtungen die gleiche, so wird sich eine von dem Mittelpunkte ausgehende Schwingung in Kugelschalen weiter verbreiten (§. 3043.). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit entspricht dem Halbmesser der ganzen Kugelmasse, die innerhalb einer gewissen Zeiteinheit in Unruhe versetzt wird, die Wellenlänge dagegen derjenigen Dicke der Kugelschale, um welche die Erschütterung während der Schwingungsdauer eines Aethermolecüls fortschreitet (§. 3043.). Ist der Lichtstrahl der Auflußtheorie gemäß die Bahn eines Leuchttheilchens, so gleicht er in der Wellenlehre der Richtung eines Wellenzuges oder einer Reihe sich gegenseitig bedingender Aetherwellen.

3345 Der Aether durchdringt nicht bloß die sonst sogenannten leeren Welträume, sondern auch die Massen der wägbaren Stoffe. Man nimmt an, daß die Atome von diesen die Aethermolecüle anziehen und daher zunächst deren absolute Elasticität verkleinern. Es muß daher verhältnißmäßig mehr Aether in die wägbaren Stoffe einströmen, damit sich das Gleichgewicht mit dem Aether der leeren Räume herstellen könne. Dieser Umstand vergrößert die Dichtigkeit und vermindert daher die specifische Spannkraft des in den wägbaren Stoffen eingeschlossenen Aethers. Da aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Quadratwurzel der specifischen Anfang Nr. 125. Elasticität abhängt, so ergiebt sich von selbst, daß die Lichtwellen in den wägbaren Stoffen langsamer, als in dem leeren Raume fortgehen werden.

3346 Die Anziehung, der die Aethermolecüle unterliegen, wechselt mit der Beschaffenheit der wägbaren Stoffe. Wir sagen, daß der eine Körper das Licht stärker, als der zweite bricht, wenn die specifische Elasticität seines Aethers der des anderen nachsteht. Es werden sich daher auch die Lichtwellen in dem stärker ablenkenden Mittel mit geringerer Schnelligkeit fortpflanzen.

3347 Stellen wir uns zwei Molecüle desselben Aethers unter dem Bilde zweier vollkommen elastischer Kugeln, welche in Größe, Masse und Dichtigkeit übereinstimmen, vor, so ergiebt sich aus der Lehre vom Stoße, daß die eine, wenn sie mit einer gewissen Geschwindigkeit ankommt, die zweite mit derselben Schnelligkeit fortstößt, ihre ganze Bewegung aber vermöge dieser Wirkungsweise einbüßt. Bliebe der Fall eben so einfach für einen Aether, der dieselbe specifische Elasticität nach allen Richtungen hin besitzt, so würden sich die Schwingungen ungeschwächt von Molecül

zu Molecül fortpflanzen. Jedes einzelne Aetheratom könnte aber nur ein Mal in Folge eines Anstoßes erzittern (vergl. §. 3350.).

Besitzen die beiden Kugeln ungleiche Größen, so müssen sich auch die Verhältnisse ändern. Die stoßende geht, wenn sie kleiner als die zweite ist, zurück. Sie rollt dagegen in dem umgekehrten Falle weiter. Es werden dann aber in jedem Falle beide Kugeln auch nach dem Anstoße bewegt.

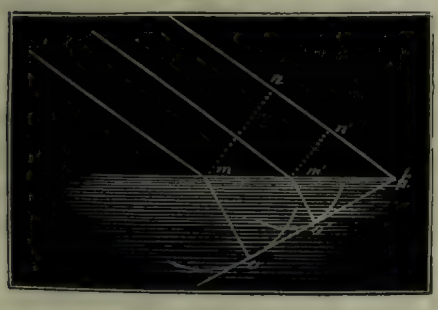
Geht ein Wellenzug aus einem dünneren in ein dichteres Mittel oder 3348
umgekehrt über, so haben wir ähnliche, wenn auch nicht vollkommen gleiche Erscheinungen. Eine Welle läuft zurück. Sie wird, wie man sagt, zurückgeworfen. Eine zweite dagegen schreitet weiter. Sie wird, wie man sich ausdrückt, gebrochen. Wir erhalten daher auch hier eine doppelte Bewegung. Es ergiebt sich aus den §§. 3345. und 3346. dargestellten Verhältnissen, daß sich diese Wirkungen bei der Erschütterung der Molecüle des Lichtäthers, die verschiedene specifische Elasticitäten besitzen (§. 3345.), wiederholen müssen.

Die Hauptgesetze der Zurückwerfung und der Brechung des Lichtes 3349
lassen sich aus den Wellenverhältnissen herleiten. Wir können bald bemerken, daß die gegenseitigen Beziehungen gewisser Functionen der Winkel, welche die Lichtstrahlen mit dem Einfallslothe machen, denen der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten oder der Wellenlängen entsprechen. Sie bleiben für den zurückgeworfenen Strahl die gleichen, weil er in demselben Aether wie früher weiter geht. Der Zurückwerfungswinkel stimmt daher auch mit dem Einfallswinkel überein. Der Ablenkungswinkel dagegen unterscheidet sich von ihm, weil der neue Wellenzug in einem Aether von anderer Elasticität dahinläuft.

Wir müssen das Brechungsgesetz, wie es die Wellenlehre auffaßt, 3350
näher betrachten, weil wir sonst die später zu untersuchenden Erscheinungen der zweiachsigen, doppelt brechenden Körper in keiner genügenden Weise auffassen könnten.

Ein Lichtstrahl, den wir erblicken, geht nicht aus der sich fortpflanzenden Erschütterung eines einzelnen Aethermolecüls hervor. Er besteht vielmehr aus einer Reihe solcher Veränderungen, die in parallelen Richtungen vordringen. Wir müssen daher die Welle des Lichtstrahles von den einzelnen elementaren Wellen, aus denen sie zusammengesetzt wird, unterscheiden. Erreicht eine Kugel einen sehr großen Umfang, so können wir einen Theil ihrer Oberfläche ohne erheblichen Fehler als eine gerade Ebene betrachten. Nehmen wir nun an, die ebene Welle des Lichtstrahles $m\,m'\,k$, Fig. 187., berühre das zweite stärker brechende und mit gestreiften Linien angedeutete Mittel, so wird die erste elementare Welle schon an der Grenze m der beiden Aetherarten angelangt sein, wenn sich die dritte an dem Endpunkte n des von m auf nk gefällten Perpen-

Fig. 187.



dikels mn befindet. Während aber diese von n bis k fortschreitet, läuft m um den kleineren Halbmesser mo weiter, weil das neue stärker brechende Mittel eine geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzt (§. 3346.). Die zweite elementare Welle wird erst die Bahn $m'o'$ durchsetzt haben, wenn die dritte bei k anlangt. Es muß mithin die Tangente $oo'k$, welche die einzelnen elementaren Kreiswellen berührt und auf ihren Halbmessern mo, $m'o'$ senkrecht steht, der ebenen Welle des gebrochenen Lichtstrahles im Augenblicke der Berührung entsprechen.

Da die Längen nk und mo die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden Mittel ausdrücken, so liefert ihr Quotient $\frac{nk}{mo}$ eine beständige Größe, die man mit dem Namen des Brechungscoefficienten oder des Brechungsinder bezeichnet. Nun sind nmk und mko rechtwinkelige Dreiecke. Wir erhalten daher $nk = mk \,.\, sin.\, nmk$ und $mo = mk \,.\, sin.\, mko$. Der beständige Brechungscoefficient ist daher $\frac{nk}{mo} = \frac{sin.\, nmk}{sin.\, mko}$.

Wir werden später sehen, daß dieses Ergebniß dem Snellius'schen Ablenkungsgesetze entspricht.

3351 Bricht das zweite Mittel stärker, als das erste, ist mithin die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in jenem kleiner, als in diesem, so liegt natürlich der Ablenkungscoefficient über 1. Der Winkel des gebrochenen Strahles fällt dann geringer, als der Einfallswinkel aus. Ist er dagegen größer und steht der Brechungsinder unter 1, so lenkt das zweite Mittel schwächer, als das erste ab.

3352 Man kann aus den §. 3348. erläuterten Erscheinungen schließen, daß jeder Lichtstrahl, der aus einem Aether in einen zweiten übergeht, eines Theils zurückgeworfen und anderen Theils gebrochen wird. Die Erfahrung lehrt aber, daß er bei einer gewissen Neigung nur zurückgeworfen wird. Diese Thatsache, welche die Ausflußlehre erklären kann (§. 3337), bietet eher einige Schwierigkeiten für die Wellenlehre dar. Fresnel[1]) suchte sie jedoch durch eine scharfsinnige und zum Theil gewagte Deutung der mathematischen Endformel, die aber von Cauchy und Neumann bestätigt wurde, zu beseitigen.

3353 Wir haben bis jetzt die Größe der Ablenkung nur von den specifischen Elasticitäten der beiden Aetherarten abhängig gemacht. Bildete sie das ausschließliche Bestimmungsglied, so müßten alle Farbenstrahlen mit gleicher Stärke in einem und demselben neuen Mittel abgelenkt werden. Wir werden später ausführlicher kennen lernen, daß dieses nicht der Fall ist. Geht z. B. ein rother Strahl aus der Luft in ein Flintglas einer bestimmten Sorte über, so gleicht sein Brechungscoefficient 1,628. Der violette hat dagegen 1,671 unter den gleichen Verhältnissen. Fresnel hob schon diese Schwierigkeit durch eine nicht unwahrscheinliche Voraussetzung. Es kann nämlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit trotz der Verschiedenheit der Wellenlängen oder der Farben nur dann beständig blei-

[1]) Siehe F. W. T. Radicke, Handbuch der Optik. Bd. I. Berlin, 1839 8. S. 242.

ben, wenn die Wirkungsbezirke der Kräfte der Aethermolecüle im Verhältniß zu den Wellenlängen verschwindend klein ausfallen. Nimmt man aber an, daß dieses nicht der Fall ist, so wird auch eine größere Welle schneller fortschreiten. Die Ablenkung muß daher verhältnißmäßig schwächer für das rothe, als für das violette Licht ausfallen. Cauchy ist übrigens zu dem gleichen Ergebnisse ohne jene Voraussetzung gekommen.

Verglich Poisson die Werthe, welche die Rechnung für die ver- 3354
hältnißmäßige Stärke des zurückgeworfenen und des gebrochenen Strahles liefert, mit den Zahlen, welche die Beobachtung giebt, so gelangte er zu der Vermuthung, daß der Dichtigkeitswechsel nicht plötzlich an der Grenze der beiden Aetherarten eintritt, sondern daß wahrscheinlich eine sehr dünne Uebergangsschicht als Zwischenglied thätig ist.

Wir haben früher (§. 3337.) gesehen, daß die Ausflußtheorie eine größere Geschwindigkeit dem gebrocheneren Lichttheilchen zuschrieb. Die Wellenlehre nimmt umgekehrt eine geringere Fortpflanzungsschnelligkeit für die weniger elastische oder dichtere Aetherart des stärker ablenkenden Mittels an. Arago[1]) bemühte sich, durch Versuche zu erhärten, daß diese zweite Voraussetzung der Erfahrung entspricht.

Wie die Stärke des Schalles von der Schwingungsweite der erzit- 3355
ternden Molecüle hergeleitet wird (§. 3043.), so sucht auch die Wellenlehre des Lichtes den Grad der Erleuchtung von demselben Bedingungsgliede der Unruhe der Aethertheilchen abhängig zu machen. Sie geht hierbei von dem Grundsatze der Erhaltung der lebendigen Kräfte, den auch die Erfahrung für die Aethermolecüle zu bestätigen scheint[2]), aus.

Die lebendige Kraft entspricht dem Producte der Masse und des 3356
Quadrates der Geschwindigkeit. Nehmen wir die Theilchen desselben Aethers gleich an und erinnern wir uns, daß die Gesammtgeschwindigkeit einer Aetherschwingung der Schwingungsweite entspricht (§. 3043.), so muß auch das Quadrat von dieser die lebendige Kraft der Aethermolecüle ausdrücken können.

Die Wellenlehre betrachtet mit Recht die Art, wie die Aetherschwingungen auf die Netzhaut wirken, von einem rein mechanischen Standpunkte. Die lebendige Kraft jedes Aethermolecüls erschüttert die Nerventheilchen. Jenes wirkt daher nur mit der Größe der lebendigen Wirkung, die ihm zukommt, oder in dem Verhältnisse der Quadrate seiner Schwingungsweite.

Der Gedanke, daß die Lichtstrahlen entsprechende Schwingungen in der Netzhaut erregen, und daß sich diese bis zum Gehirne fortpflanzen, findet sich schon bei Newton deutlich ausgesprochen. Siehe dessen Optice. Ed. Clarkii. Londini, 1706. 4. p. 277.

Hat ein Molecül des Aethers, der nach allen Richtungen hin gleich 3357
elastisch ist, seine Schwingung begonnen, so pflanzt sich die Unruhe in Kugelwellen fort (§. 3043.). Die Zahl der Atome, denen sich die Ver-

---

[1]) Siehe J. F. W Herrschel, Vom Licht. Uebersetzt von J. C. L. Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 401.
[2]) Ebendaselbst S. 308.

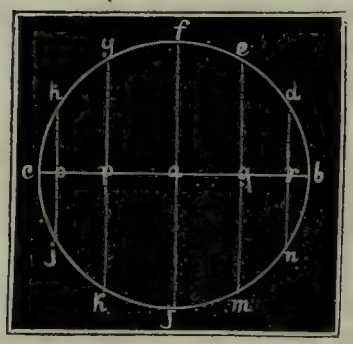
änderung mittheilt, wächst daher in demselben Verhältnisse, in dem die Oberfläche der Kugel zum Halbmesser derselben steht, d. h. gleich dem Quadrate der Entfernung. Bleibt die Summe der lebendigen Kräfte trotz der größeren Verbreitung dieselbe, so muß sich die Schwingungsweite der Aethermolecüle in demselben Maaße, als deren Menge zunimmt, verkleinern.

Drückt nun das Quadrat der Schwingungsweite die Stärke der Beleuchtung, die wir bemerken, aus, so ergiebt sich von selbst, daß der Helligkeitsgrad in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Quadrate der Entfernung stehen muß. Die Optik suchte schon längst mit den ihr zu Gebote stehenden, aber freilich nicht ganz genügenden Hilfsmitteln zu beweisen, daß die Beleuchtung wie die zweite Potenz der Abstände der Lichtquellen schwächer wird. Die Akustik dagegen, die das Gleiche für die Stärke der Schallwellen annimmt, war noch nicht im Stande, jene Norm auf dem Wege des Versuches mit Sicherheit zu erhärten. Sie konnte sich nur auf die oben angeführten theoretischen Gründe stützen.

3358 Wir haben schon früher (§. 3335.) bemerkt, daß die Interferenzerscheinungen den Glanzpunkt der Wellenlehre bilden. Wollen wir aber hier die Grundverhältnisse durchschauen, so müssen wir uns noch die Bedeutung von einigen Ausdrücken klar machen.

Nehmen wir an, ein Molecül geradlinig polarisirten Lichtes sei aus seiner Gleichgewichtslage a, Fig. 188., nach b verrückt und dann sich selbst überlassen worden, so wird es mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit von b nach a zurückkehren, mit verzögerter von a nach c weiter schwingen, hierauf wiederum mit beschleunigter von c nach a und endlich abermals mit verzögerter Schnelligkeit von a nach b laufen (§. 3032.) Die Geschwindigkeit muß immer beziehungsweise in a am größten und in b und c Null sein. Nennen wir die Entfernungen von der Gleichgewichtslage, mithin aq, ar oder pa, oa die **Ausweichungen**, so werden die größten Werthe von diesen, nämlich ca und ab die Schwingungsweite bestimmen.

Fig. 188.

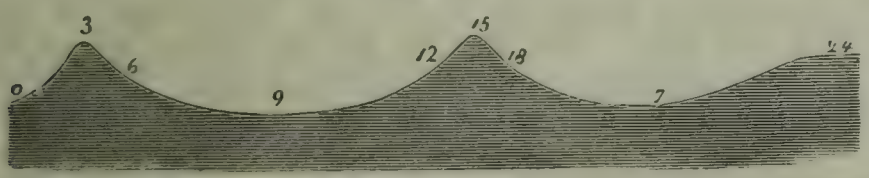


3359 Stellen wir uns die Zeit einer vollständigen, hin- und hergehenden Schwingung unter dem Bilde eines Kreises vor und theilen diesen in die gleichen Bogenstücke bd, de, ef u. s. f., so befindet sich das Molecül am Ende des ersten Abschnittes in r, an dem des zweiten in q, des dritten in a u. s. f. Die senkrechten Linien rd, qe, af u. s. f. stellen die entsprechenden Geschwindigkeiten dar. Man nennt die Zeitbogen bd, be, bf u. s. f. die **Schwingungsphasen**. Die Geschwindigkeiten (oder die Ordinaten rd, qe, af u. s. f.) verhalten sich hiernach wie ihre Sinus und die Ausweichungen (oder die Abscissen ar, aq, u. s. w.) wie die Cosinus.

Betrachten wir die Richtung der Schwingungen, so sind alle Zeit- 3360
bogen, die dem Halbkreise *bfc* angehören, denen von *blc* entgegengesetzt. Man nennt daher *bfc* die positive und *blc* die negative Phase der Schwingung. Gehen wir von der Gleichgewichtslage *a* aus und fassen hier wiederum die Richtung der Entfernung von ihr auf, so wird *ab* die positive und *ac* die negative Ausweichung darstellen. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die Geschwindigkeiten in den beiden ersten Quadranten positiv, in den beiden letzten dagegen negativ sind. Die positiven Ausweichungen gehören dem ersten und vierten, die negativen dagegen dem zweiten und dritten Quadranten an. Die größten Geschwindigkeiten, die man auch mit dem Namen der Schwingungsintensitäten bezeichnet, haben die kleinsten Ausweichungen und umgekehrt.

Da eine Wellenlänge von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit während 3361
der Dauer einer Schwingung eines Theilchens abhängt und sich die entsprechenden Molecüle zweier Wellenlängen in den gleichen Schwingungszuständen der Reihe nach befinden, so erhellt, daß wir alle für die Schwingungen erläuterten Begriffe auf die Wellen selbst übertragen können. Stellt z. B. 3, 6, 9, 12, 15, Fig. 189., den senkrechten Durchschnitt ei-

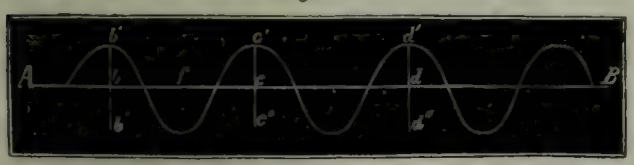
Fig. 189.



ner Wellenfläche dar, so wird die eine Hälfte 3 bis 9 die positive und die andere 9 bis 15 die negative Wellenphase bezeichnen. 3, 9 und 15 haben die kleinsten Geschwindigkeiten und die gleichen größten Ausweichungen. Diese sind aber für 3 und 15 positiv und für 9 negativ.

Die eben dargestellten Verhältnisse liefern den Schlüssel zur Erklärung der 3362
Interferenzerscheinungen. Denken wir uns, *AB*, Fig. 190., bezeichne die Linie,

Fig. 190.



in der sich die um je eine ganze Wellenlänge abstehenden Atome *b*, *c*, *d* im Zustande des Gleichgewichts befinden, so werden auch *b*, *c* und *d* gleich große positive oder negative Phasen, die in *b' c' d'* oder *b'' c'' d''* die Maxima ihrer Schwingungsweiten haben, in demselben Augenblicke besitzen. Ein Atom *f*, das nur um eine halbe Wellenlänge, *bf* oder *fc*, entfernt ist, bietet eine eben so große, jedoch entgegengesetzte Phase dar. Da sich nun die Beziehungen durch entsprechende Multiplicationen nicht ändern, so können wir sagen, daß zwei Aetheratome gleich große Phasen von gleicher Bedeutung besitzen, wenn ihre Abstände dem Doppelten, dem Vierfachen, dem Sechsfachen

einer halben Wellenlänge gleichen, oder wenn überhaupt ihre Entfernung einem geraden Vielfältigen dieses Werthes entspricht. Beträgt sie hingegen eine halbe, anderthalb, zwei und eine halbe Wellenlängen, oder allgemein ausgedrückt, ein ungerades Vielfache derselben, so befinden sich zwar immer noch die Molecüle in gleich großen, aber in entgegengesetzten Phasenverhältnissen.

3363 Stellen wir uns vor, zwei Wellenzüge, die gleiche Wellenlängen darbieten, die mithin derselben Farbe angehören (§. 3343.), wirken auf ein Aetheratom gleichzeitig ein, so muß der Erfolg von ihrem gegenseitigen Abstande bestimmt werden. Gleicht dieser einem geraden Vielfältigen einer halben Wellenlänge oder 1, 2, 3, 4 Wellenlängen, so werden zwei in jeder Hinsicht gleiche Phasenbeziehungen in jedem Augenblicke thätig sein. Fig. 191. kann uns dieses für *a* näher versinnlichen. Die Schwingungskraft wird verdoppelt und die Lichtstärke vergrößert werden. Entspricht hingegen ihre gegenseitige Entfernung einem ungeraden Vielfachen einer halben Wellenlänge, beträgt sie $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ Wellenlängen, so wirken gleichzeitig zwei Kräfte, von denen die eine eine positive und die zweite eine negative Ausweichung zu Stande zu bringen sucht. Beide Einflüsse heben sich wechselseitig auf, wie es Fig. 192. *a* andeutet. Das Aetheratom bleibt daher in seiner Gleichgewichtslage. Es entsteht Dunkelheit. Liegen endlich die Abstände der Wellenzüge beziehungsweise zwischen 0 und $\frac{1}{2}$, so wird sich der Erfolg nach den Gesetzen der Mechanik, wie bei dem Parallelogramm der Kräfte, finden lassen.

Fig. 191.

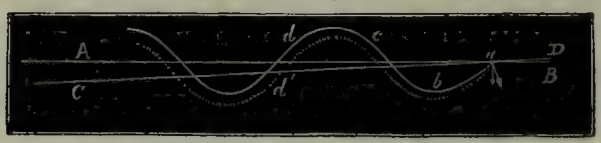


Fig. 192.

3364 Die Wellenlehre kann auf diese Weise ohne Schwierigkeit erklären, wie es von den Nebenverhältnissen abhängt, ob Licht zu Licht addirt, verstärkte Helligkeit oder Dunkelheit giebt, ob sich die Wirkung der Aethermolecüle vergrößert oder auf dem Wege der Interferenz auslöscht.

3365 Nehmen wir an, zwei Wellenzüge, die um eine gewisse Wellenlänge entfernt sind, arbeiten ungleichartig, so werden die Abstände der Interferenzorte *b*, *c*, *d*, Fig. 193., die Wellenlängen *bc*, *cd* ausdrücken. Betrachtet man z. B. eine Lichtlinie durch eine schmale Spalte und schiebt ein einförmig gefärbtes Glas vor, so erhält man Bilder, wie sie Fig. 194. darstellt. Man erblickt ein helles

Fig. 193.

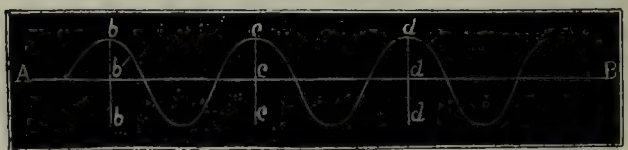
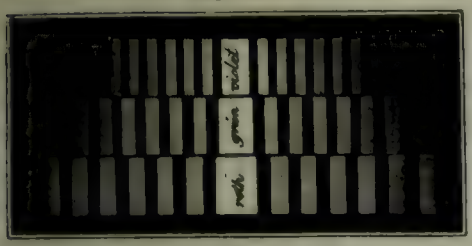


Fig. 194.



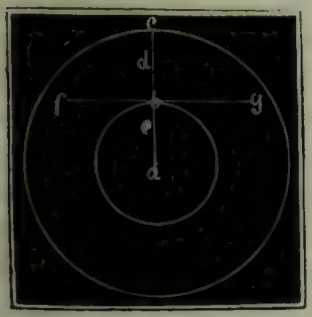
Feld in der Mitte. Die erleuchteten Seitenstücke werden dann durch dunkle Interferenzstreifen gesondert. Bleiben sich die übrigen Nebenbedingungen gleich, so wechseln die Breiten dieser verschiedenen Theile mit der Mannigfaltigkeit der Farben. Die gegenseitigen Abstände der Mitten der Interferenzstreifen und ihre Entfernungen von der der Mitte des erleuchteten Centraltheiles sind in dem Roth am größten und in dem Violett am kleinsten. Es wird mithin jenes die längsten und dieses die kürzesten Wellen besitzen.

Der Versuch beweist aber nicht nur, daß der Unterschied der Farben 3366
mit einer Verschiedenheit der Wellenlängen verbunden ist, er verschafft auch die Gelegenheit, die absoluten Werthe jener Wellenlängen zu bestimmen. Kennt man die Breite des Spaltes und den überall gleichen Winkelabstand der Mitten zweier unmittelbar folgender dunkler Streifen, so erhält man Anhang Nr. 167.
die Wellenlänge, wenn man jene Breite mit dem Sinus dieses Winkels multiplicirt.

Die Wellenlehre kennt streng genommen nur farbiges Licht. Das 3367
Schwarz rührt von der ursprünglichen Ruhe der Aethermolecüle oder von der Vernichtung ihrer Bewegung mittelst der Interferenzwirkungen her. Die Zusammensetzung aller farbigen Wellen und zwar unter denselben Intensitätsverhältnissen, wie in dem Sonnenspectrum (§. 3668.), ruft weißes Licht hervor. Interferiren sich aber verschiedene Lichtwellen, so wird immer ein Farbensaum zu Stande kommen, weil die Geschwindigkeiten oder die Wege der Strahlen ungleich ausfallen. Haben die einzelnen farbigen Wellen des weißen Lichtes andere Lichtstärken, wie in dem Sonnenspectrum, so erblicken wir gemischte Farben. Die, welche sich in dieser Hinsicht des größten Vorzuges erfreut, tritt auch am lebhaftesten hervor.

Wir haben schon §. 3043. angedeutet, daß man eine doppelte Rich- 3368
tung den Schwingungen der Molecüle einer Welle zuschreiben kann. Gesetzt a, Fig. 195., sei der Mittelpunkt der Erschütterung, so wird sich

Fig. 195.



diese in einer Masse, die nach allen Seiten hin gleich elastisch ist, in Kugelwellen fortpflanzen. Es geht daher die Unruhe von der Mitte a nach den Kugelflächen oder in der Bahn eines jeden beliebigen Halbmessers oder eines bestimmten Radius vector ac fort. ab und bc werden die der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entsprechenden Wellenlängen bezeichnen. Jedes einzelne geradlinig polarisirte Molecül kann entweder in der Richtung des Halbmessers, von d nach e oder in der der Tangente, von f nach g hin- und herschwingen. Wir wollen jene Art von Ortsverrückung die Längen-

ausweichung und diese die quere Ausweichung nennen. Die Verdichtungen und die Verdünnungen, welche die Schallwellen der Luft darbieten, gehen aus der ersteren Art von Schwingungen hervor. Die genauere Betrachtung der Polarisations- und der Interferenzerscheinungen führte aber Fresnel zu der Annahme, daß die Bewegungen der Aethermolecüle, die wir als Licht erblicken, in queren Ausweichungen bestehen (§. 3381.).

3369 Dieser Umstand führte manche Forscher[1]) zu einer Anschauungsweise, die eine gewisse physiologische Bedeutung besitzt. Die Theorie kann nachweisen, daß beide Bewegungen in einem gleichartigen elastischen Mittel vorkommen und daß sich die Geschwindigkeiten der queren zu denen der Längenausweichungen, wie Eins zur Quadratwurzel aus Drei verhalten. Man nimmt daher an, daß auch der Aether Verdichtungs- und Verdünnungsschwingungen neben den queren Ausweichungen bildet. Unser Auge könne aber nur diese und nicht jene auffassen.

Die Ursache, welche den Ton ursprünglich erzeugt, liegt nicht nothwendig in Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Die Luft kann selbst in gedeckten Pfeifen in anderer Weise zum Tönen gebracht werden. Der Ton selbst aber pflanzt sich durch Schallwellen der Atmosphäre, d. h. durch Längenausweichungen zu unserem Ohre fort. Wir hören diese, nicht aber die queren Bewegungen, die nebenbei vorhanden sind.

Die Erschütterungen der Luft und des Aethers würden hiernach zu zwei verschiedenen Arten von Schwingungen führen. Jedes der beiden höheren Sinneswerkzeuge, die zur Auffassung der Wellenverhältnisse bestimmt sind, könnte aber nur eine von ihnen wahrnehmen. Das Auge gebe die queren Ausweichungen als Lichteindruck, das Ohr dagegen die Längenausweichungen als Ton wieder. Jenes vernachlässigt die Schwingungsweise, welche dieses berücksichtigt, und umgekehrt. Diese Auffassung fordert noch eine nähere Prüfung. Es bleibt dahin gestellt, ob der Grundsatz der Erhaltung der lebendigen Kräfte für die queren Ausweichungen der Aethermolecüle gültig sein kann, wenn zugleich Verdichtungen und Verdünnungen stattfinden. Es muß noch näher geprüft werden, ob unser Ohr bloße quere Ausweichungen gar nicht wahrzunehmen im Stande ist. Die Längenausweichungen der Lufttheilchen könnten sich einem dritten Sinneswerkzeuge, nämlich dem Tastgefühle, als Erschütterungen verrathen.

3370 Es wurde §. 3368. bemerkt, daß die Polarisationserscheinungen zu der Annahme von queren Ausweichungen nöthigen. Diese liegen mithin in der Wellenfläche, die wir uns, wenn sie sehr groß ist, als eben denken können. Da aber der Lichtstrahl in der Richtung eines entsprechenden Halbmessers der Kugelwellen dahingeht (§. 3344.), so ergiebt sich von selbst, daß die queren Ausweichungen der Molecüle der auf einander folgenden großen Kugelschalen die Richtung des Strahles in jedem Falle

[1]) G. Lamé, Cours de Physique de l'école polytechnique. Deuxième Edition, T. II. Paris, 1840. 8. p. 329

senkrecht durchschneiden müssen. Sie können dagegen in der Wellenfläche selbst auf das Mannichfachste wechseln. Ist dieses der Fall, so haben wir einen natürlichen, nicht polarisirten Strahl. Besitzen dagegen die queren Ausweichungen aller entsprechenden Aethertheilchen eine und dieselbe Richtung, so wird der Strahl vollkommen polarisirt sein. Die Ebene, die auf dieser beständigen Richtung der Schwingungen der Aetheratome senkrecht steht, heißt die Polarisationsebene. Man spricht endlich noch von geradliniger oder gewöhnlicher, kreisförmiger und elliptischer Polarisation, je nachdem die Berechnung schließen läßt, daß die Theilchen in entsprechenden geraden Bahnen, in Kreisen oder in Ellipsen schwingen.

Dieser Unterschied kann von der Mannichfaltigkeit der Phasenverhält- 3371
nisse abhängen. Denken wir uns zwei geradlinig polarisirte Strahlen, welche die gleiche Schwingungsdauer besitzen, deren Richtungen aber einen rechten Winkel bilden oder auf ihn zurückgeführt werden, wirkten gleichzeitig ein, so wird sich die Ausweichung des Aethermolecüls nach dem Parallelogramm der Kräfte finden lassen. Die Diagonale giebt dann eine Schwingungsrichtung, die immer beibehalten wird. Es erhält sich mithin die geradlinige Polarisation. Sind dagegen die Schwingungsphasen verschieden, so ändert jene Diagonale ihre Lage mit der Zeit fortwährend. Das Aetheratom beschreibt daher eine krumme Schwingungsbahn, die im Allgemeinen mit einer Ellipse zusammenfällt [1]).

Die elliptische Polarisation kehrt zur geradlinigen zurück, wenn der 3372
den Phasen entsprechende Gangunterschied einer beliebigen Zahl von halben Wellenlängen entspricht. Gleicht er einem ungeraden Vielfachen einer Viertellänge, so wird die Bahn in einen Kreis verwandelt, so wie die beiden Seitenkräfte an Stärke übereinstimmen.

Ein jeder natürliche Strahl kann in zwei rechtwinklig polarisirte 3373
Strahlen von gleicher Schwingungsweite und gleichen Phasen zerlegt werden. Wir sind aber wiederum im Stande, jeden rechtwinklig polarisirten Strahl auf zwei circular polarisirte Strahlen von gleicher Stärke und entgegengesetzten Schwingungsrichtungen zurückzuführen [2]).

Wir haben bisher nur diejenige Aetherart, welche die gleiche Elasti- 3374
cität nach allen Richtungen hin besitzt, betrachtet. Die Darstellung der Brechungserscheinungen führte uns aber schon zu der Ueberzeugung, daß die Beschaffenheit der Molecüle der wägbaren Stoffe die des von ihnen eingeschlossenen Aethers bestimmt. Es ist bekannt, daß viele Krystalle und manche andere Körper verschiedene Elasticitäten in verschiedenen Richtungen darbieten. Wirkt diese Eigenthümlichkeit auf den in ihnen enthaltenen Aether zurück, ist ein Molecül desselben schon in der Ruhe aus seiner Gleichgewichtslage verrückt, so wird sich auch dieses in den Schwingungen ausdrücken und gewissermaßen ungleiche Elasticitätsgrade nach den ver-

---

[1]) Siehe F. W. G. Radicke, Handbuch der Optik. Mit besonderer Rücksicht auf die neuesten Fortschritte der Wissenschaft. Bd. I. Berlin. 1839. 8. S. 35.

[2]) Siehe das Nähere bei Lamé a. a. O. p. 443 — 448.

schiedenen Seiten hin erzeugen. Die Wellenlehre benutzte diese Vorstellungsweise mit vielem Glücke, um die Erscheinungen der Doppelbrechung und eine große Zahl der hiermit verbundenen Polarisationsverhältnisse zu erklären.

3375 Man kann sich die verschiedenartigen Beziehungen der Elasticitätsgrößen unter dem Bilde dreier, entsprechend langer und einander senkrecht durchschneidender Linien, welche man die Elasticitätsachsen nennt, vorstellen. Die Oberfläche des von ihnen für gewisse gegebene Bedingungen bestimmten Umdrehungskörpers heißt die Elasticitätsfläche und ein in einer gewissen Richtung von dieser geführter Durchschnitt die Elasticitätscurve.

3376 Besitzt der Aether die gleiche Elasticität in allen Richtungen, so werden die Elasticitätsachsen unter sich selbst gleich sein. Der Umdrehungskörper entspricht einer Kugel. Wir haben die Erscheinungen der gewöhnlichen einfachen Brechung, die von der Elasticitätsgröße abhängt. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und der Brechungscoefficient werden unter den §. 3353. angeführten Einschränkungen beständig bleiben. Bieten dagegen die Elasticitätsachsen ungleiche Größen dar, so müssen sich auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten nach den verschiedenen Seiten und mithin auch die Brechungen ändern. Die Erfahrung und die Theorie lehren dann, daß meistentheils zwei Wellenzüge von ungleicher Brechbarkeit zu Stande kommen. Man nennt daher Körper, in denen der Aether unter sich ungleiche Elasticitätsachsen darbietet, doppelt brechende Stoffe.

3377 Massen der Art besitzen eine oder zwei Bahnen, in denen ein nach allen möglichen Richtungen polarisirter gewöhnlicher Strahl seine Geschwindigkeit nicht ändert. Der Weg, dem diese Eigenthümlichkeit zukommt, heißt die optische Achse. Man unterscheidet demgemäß einachsige und zweiachsige doppelt brechende Krystalle.

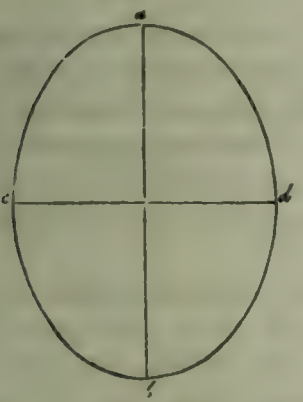
Dieses Doppelverhältniß läßt sich wiederum bildlich auffassen. Sind nämlich zwei Elasticitätsachsen unter sich gleich, die dritte dagegen größer oder kleiner, so erhält man einen einachsigen doppelt brechenden Körper. Besitzen dagegen alle drei Achsen verschiedene Längen, so ergiebt sich, daß die doppelt brechende Masse zweiachsig ist.

3378 Ein einachsig doppelt brechender Körper liefert meistentheils zwei Strahlen, von denen der eine den Brechungsgesetzen der einfach ableitenden Mittel folgt, der andere dagegen ihnen nicht gehorcht. Man nennt daher jenen den gewöhnlichen und diesen den außerordentlichen Strahl. Der erstere besitzt einen beständigen Ablenkungscoefficienten. Er liegt zugleich in der Fortsetzung der Einfallsebene. Der ungewöhnliche Strahl bietet diese zweite Beziehung nicht immer dar. Sein Ablenkungscoefficient wechselt auch mit Verschiedenheit der Neigungen. Er schwankt zwischen der beständigen Größe des gewöhnlichen Strahles und einem größeren oder kleineren Werthe, der die Grenze seiner möglichen Brechung bildet.

3379 Untersucht man beide Strahlen genauer, so findet man, daß jeder

von ihnen polarisirt ist. Ihre Polarisationsebenen stehen in allen Fällen senkrecht auf einander. Die Schwingungen des gewöhnlichen Strahles schneiden die optische Achse rechtwinkelig, während die der außerordentlichen in einer ihr parallelen Richtung liegen. Befinden sich aber diese Bewegungen der einzelnen Aethermolecüle in der Tangentenebene des Halbmessers oder in der Bahn der Lichtstrahlen, so ergiebt sich von selbst, daß der Wellenzug des gewöhnlichen Lichtstrahles der optischen Achse entsprechen wird.

Fig. 196.



Denken wir uns nun, cd, Fig. 196., 3380
bezeichne eine der beiden, unter sich gleichen Elasticitätsachsen und ab die dritte, an Länge verschiedene, so wird jeder Querschnitt des Ellipsoids, der cd parallel ist, einen Kreis und jeder, der ab parallel verläuft, eine Ellipse geben. Die Schwingungen, die in der Kreisfläche stattfinden, begegnen den gleichen Verhältnissen in allen Richtungen. Diejenigen dagegen, welche in der Ellipsenebene liegen, erfreuen sich dieses Vorzugs nicht. Die Bahn der Elasticitätscurve hängt von zwei unter sich ungleichen Elasticitätsachsen ab und cd ab. Die eine fällt mit dem Halbmesser des Kreises cd zusammen, während die andere auf ihr senkrecht stehende größer oder kleiner sein kann. Es werden sich daher alle Schwingungen, die den Kreisebenen entsprechen, mit einer beständigen, von den gleichen Elasticitätsachsen abhängigen Geschwindigkeit fortpflanzen. Die Schnelligkeit derer dagegen, die auf die Ellipse zu beziehen sind, wechseln mit dem Grade ihrer Richtung. Sie müssen sich dem beständigen Verhältnisse um so mehr, je weiter wir von a nach c vorrücken, annähern, der größte Unterschied aber, den sie überhaupt erreichen können, wird bei a liegen. Der Grenzwerth desselben hängt von der verhältnißmäßigen Länge der dritten ungleichen Elasticitätsachse ab.

Diese Betrachtung kann die Erscheinungen der doppelten Brechung 3381
optisch einachsiger Körper klar machen. Es erhellt auch aus ihr, weshalb die Wellenlehre annimmt, daß die Schwingungen der Aethertheilchen in den Tangentalebenen, die auf der Fortpflanzungsebene senkrecht stehen, zu Stande kommen.

Denken wir uns, der Lichtstrahl gehe in der Bahn der dritten ungleichen Elasticitätsachse ab, Fig. 196., dahin, so werden die senkrecht auf ab schwingenden Aethertheilchen Kreisflächen oder die gleichen Elasticitätsachsen nach allen Richtungen hin antreffen. Wir erhalten daher keine Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und mithin keine doppelte Brechung, die Molecüle mögen nach welchen Richtungen sie wollen, polarisirt sein. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß der Weg ab, der der dritten elastischen Achse der Fig. 196. entspricht, die optische Achse darstellt (§. 3377.). Lichtstrahlen, die in ihr verlaufen, bleiben mithin einfach.

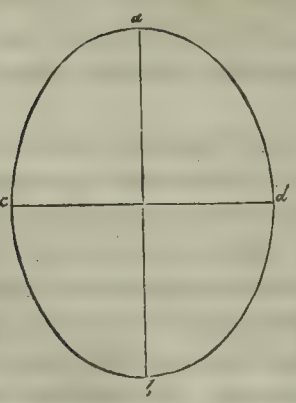
3382 Verläuft hingegen der Lichtstrahl in cd, so müssen zwei Wellenzüge erzeugt werden. Die auf cd senkrechte Schwingungsebene der Aethermolecüle bildet jetzt eine Ellipse. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wird in der Richtung cd, welche der einen der beiden gleichen Elasticitätsachsen entspricht, mit der des gewöhnlichen Strahles übereinstimmen. Die hingegen, welche der dritten ungleichen Elasticitätsachse angehört, muß möglichst stark abweichen. Wir haben daher einen gewöhnlichen Strahl mit dem der Masse zukommenden Brechungscoefficienten und einen außerordentlichen, dessen Ablenkungsinder so sehr als möglich von dem des gewöhnlichen Strahles entfernt liegt.

Man sieht endlich leicht, daß ein Strahl, der in einer schiefen, zwischen ab und cd befindlichen Richtung einfällt, immer noch eine elliptische Schwingungsebene antrifft. Er zerfällt daher in zwei Strahlen, die ebenfalls rechtwinklig polarisirt sind (§. 3377.). Der Brechungscoefficient des ungewöhnlichen muß sich aber hier dem des gewöhnlichen um so mehr nähern, je kleiner der Neigungswinkel des Strahles und der ungleichen Elasticitätsachse ausfällt.

3383 Beziehen sich zwei Brechungscoefficienten auf ein und dasselbe dritte schwächer ablenkende Mittel, sind sie mithin größer als 1, so ergiebt sich aus dem früher (§. 3337.) Dargestellten, daß der kleinere eine verhältnißmäßig bedeutendere Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzt, daß er daher einem höheren Elasticitätswerthe oder einer längeren Elasticitätsachse angehört. Die Schnelligkeit des gewöhnlichen Strahles entspricht aber den beiden unter sich gleichen Elasticitätsachsen und die des ungewöhnlichen der dritten ungleichen Achse. Ist diese kleiner, als jene, so wird der ungewöhnliche Strahl langsamer fortgehen oder einen größeren Brechungsinder, als der gewöhnliche besitzen. Man nennt daher Krystalle, welche diese Eigenschaft verrathen, *positive*. Da die *negativen* einen kleineren Brechungscoefficienten für den außerordentlichen Strahl haben, so muß ihre dritte Elasticitätsachse die beiden übrigen gleichen an Länge übertreffen.

3384 Stellen wir uns vor, $abcd$, Fig. 197., drehe sich um die kürzere Achse cd, so haben wir ein Bild des von oben nach unten abgeplatteten Ellipsoids der positiven, optisch einachsigen und doppelt brechenden Körper. Die negativen entsprechen dem seitlich zusammengedrückten Ellipsoid, das durch die um ab vollführte Drehung bedingt wird. Jene haben das Minimum der Aetherelasticität in der Richtung der optischen Achse und das Maximum senkrecht auf dieser, diese dagegen umgekehrt das Maximum in der optischen Achse und das Minimum senkrecht auf ihr. Die Elasticitätsbeziehungen der Zwischenneigungen gehorchen in beiden Fällen den Verhältnissen zu den beiden verschieden großen

Fig. 197.



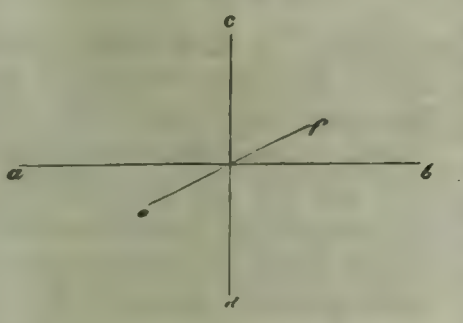
senkrechten Elasticitätsachsen. Der Quarz und das Eis gehören zu der positiven, der Kalkspath, der Turmalin und der phosphorsaure Kalk dagegen zu der negativen Abtheilung der einachsigen, doppelt brechenden Mittel.

Die beiden optischen Achsen eines zweiachsigen doppelt brechenden 3385
Körpers schneiden sich unter Winkeln, deren Größe von der Natur der Masse abhängt. Der spitzere beträgt $5^0\ 20'$ für den Salpeter, 60^0 für den Gyps und 90^0 für den Eisenvitriol. Die Linie, die ihn halbirt, heißt die Mittellinie.

Steht die Ebene des einfallenden Strahles in jeder Beziehung senk- 3386
recht auf der Mittellinie, geht sie durch sie, indem sie zugleich die Ebene der beiden optischen Achsen rechtwinkelig schneidet oder fällt sie mit der letzteren zusammen, so gehorcht wenigstens das eine Doppelbild den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung. Findet hingegen keine jener Bedingungen Statt, so gehören beide Strahlen zu den außerordentlichen.

Da wir hier drei unter sich ungleiche und wechselseitig senkrechte 3387
Elasticitätsachsen, eine größte ab, Fig. 198., eine mittlere in Fig. 198. verkürzt gezeichnete ef und eine kleinste cd haben, so können wir uns drei unter sich ungleiche Ellipsen denken, von denen jede zwei verschiedene Elasticitätsachsen als Achsen hat. Sie werden wechselseitig senkrecht stehen und den gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt der drei Elasticitätsachsen zu ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkte haben.

Fig. 198.



Erinnern wir uns, daß die Schwingungen der Aethermolecüle die 3388
Bahn des Lichtstrahles senkrecht schneiden, so müssen die eines Wellenzuges, der in der durch cd und ef gelegten Ebene in irgend einer Richtung dahingeht, der durch ab und cd bestimmten Ellipse jedenfalls parallel bleiben. Wir haben mithin zunächst eine beständige Beziehung zu derjenigen Ellipse, deren eine Achse ab sich nicht bei der durch cd und ef bestimmten Gangebene des Strahles betheiligt. Wir können dieses beständige Verhältniß, das jede Richtung der oben erwähnten Strahlen durch einen Kreis, dessen Durchmesser ab ist, ausdrücken.

Nehmen wir nun an, der Strahl, welcher in der von cd und ef 3389
abhängigen Ebene liegt, verlaufe in der einen Elasticitätsachse ef, so werden die zweiten rechtwinkelig polarisirten Schwingungen der Elasticitätsachse cd parallel sein. Geht er umgekehrt in cd, so haben wir einen Parallelismus mit ef. Neigt er sich endlich zwischen cd und ef, so erhalten wir seinen bezüglichen Werth, wenn wir uns eine Ellipse mit cd und ef beschreiben und von dem Mittelpunkte aus eine Linie ziehen, welche denselben Neigungswinkel mit den entsprechenden halben Achsen besitzt.

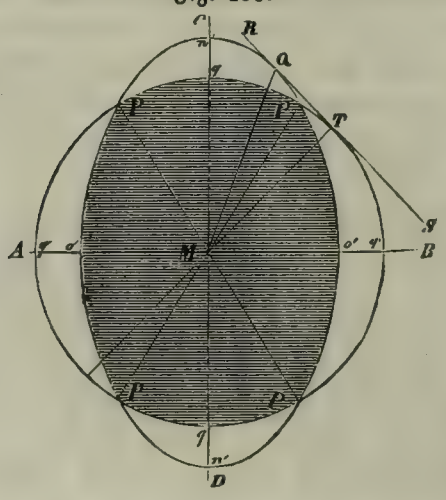
3390 Wir können mithin die beständige Beziehung, die jede der drei Ellipsen darbieten, durch einen Kreis ausdrücken, dessen Durchmesser der bei der Einfallsfläche nicht betheiligten Elasticitätsfläche entspricht. Die wechselnde Richtung innerhalb der beständigen Einfallsebene gleicht einer Ellipse, deren beide Achsen jener selbst angehören.

Man wird diese Verhältnisse am leichtesten begreifen, wenn man sich eine Ellipse, deren Achsen ab und cd sind, und eine Ellipse, deren Achsen ab und ef gleichen, ausschneidet, diese letztere halbirt und in der Richtung von cd senkrecht aufstellt. Ein paar eingestochene Nadeln können die Richtungen der Schwingungen versinnlichen.

3391 Man nennt den Kreis und die Ellipse, die je einer der drei Ebenen entsprechen, den Durchschnitt der Wellenoberfläche mit dieser Ebene. Es ergiebt sich von selbst, daß hier drei verschiedene Fälle eintreten müssen. Liefert die größte Elasticitätsachse den Durchschnitt des Kreises, so umschließt dieser natürlich die Ellipse, welche der mittleren und der kleineren Elasticitätsachse angehört. Er wird umgekehrt von der Ellipse eingeschlossen, wenn sein Durchmesser der kleinsten Elasticitätsachse entspricht. Gleicht er endlich der mittleren Elasticitätsachse, so schneiden sich der Kreis und die Ellipse in vier Punkten, von denen je zwei diametral gegenüberliegen.

3392 Betrachten wir den letzteren Fall genauer, so kann er die Hauptverhältnisse, die in den zweiachsigen doppelt brechenden Körpern in Betracht kommen, graphisch versinnlichen. Wir haben vier Punkte P, Fig. 199., deren doppelte Verbindungslinien PP und PP die Achsen der bald zu erwähnenden kegelförmigen Brechung bilden. Legen wir eine gemeinschaftliche Tangente RS an den Kreis und die Ellipse und ziehen die senkrechte MT, die den Halbmesser des Kreises darstellt, so erhalten wir ein Bild für die Richtung der einen optischen Achse. Da aber vier solcher Tangenten, von denen je zwei unter sich parallel verlaufen, möglich sind, so ergeben sich zwei optische Achsen, die sich unter einem von den Beziehungen der Elasticitätsachsen abhängigen Winkel schneiden. MC bildet die Mittellinie und AB die auf ihr senkrecht stehende Linie, welche den stumpfen Ergänzungswinkel der optischen Achsen halbirt (§. 3385.).

Fig. 199.



3393 Der Halbmesser MT, der auf der gemeinschaftlichen Tangente senkrecht steht, drückt die Beziehung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der ebenen Welle, die Linie MQ dagegen, die wir von dem Mittelpunkte M nach dem Berührungspunkte Q der gemeinschaftlichen Tangente RS und der Ellipse ziehen, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elementaren Wellen aus (§. 3350.). Man sieht, daß hier diese beiden Größen verschie-

den ausfallen können, während sie bei der einfachen Brechung unter allen Bedingungen der Kugelform der Wellen wegen übereinstimmen.

Der Durchschnittspunkt P ist eben so weit von M als T entfernt. 3394
Die Kreistangente, die wir an ihn legen, fällt aber nicht mit der Ellipsentangente zusammen. Da die Tangenten den Richtungen der Lichtstrahlen entsprechen, so können zwei Strahlen mit der gleichen Geschwindigkeit längs des Halbmessers MP dahingehen, ohne daß sie in den gleichen Richtungen austreten.

Die Rechnung ergiebt, daß die Wellenoberfläche in jedem der P ent- 3395
sprechenden Punkte trichterförmig vertieft ist. Es läßt sich daher eine unendliche Zahl von Tangentenebenen, von denen jede einem austretenden Strahle entspricht, in P an die Wellenfläche legen. Durchsetzt ein Wellenzug MP, so wird er sich bei dem Austritte in ein kegelförmig auseinanderfahrendes Bündel von Strahlen trennen. Die eine Art der früher (§. 3326.) erwähnten conischen Refraction, nämlich die äußere, entsteht auf diese Weise.

Diese Betrachtungen können uns zeigen, daß die Erscheinungen der 3396
einfachen und der doppelten Brechung die wichtigsten Aufschlüsse über das innere Gefüge der einfachen und der doppelt brechenden Körper zu liefern vermögen. Da wir später sehen werden, daß die meisten Gewebe der Pflanzen und der Thiere zu den doppelt brechenden Stoffen gehören, so bieten die optischen Verhältnisse, deren Grundzüge wir eben erläutert haben, ein nicht unwichtiges Hilfsmittel für anatomische, physiologische und pathologische Untersuchungen. Wurde es auch bis jetzt fast gar nicht benutzt, so läßt sich doch mit Recht voraussehen, daß die Zukunft diese Art von Forschungen mit der ihr gebührenden Aufmerksamkeit pflegen wird.

Ein Hauptgrund, weshalb wir hier auf die Wellenlehre so kurz als 3397
möglich eingegangen sind, lag in diesen Beziehungen. Die eben durchgeführten Betrachtungen werden uns aber überdies manche Gesetze des Sehens und mehrere der wesentlichsten Erscheinungen der Nerventhätigkeiten klar machen können. Versucht man es, die Nervenleitung auf Wellenbewegungen zurückzuführen, so bleibt dieser Ausdruck ein leeres Wort, so lange man nicht tiefer in die Betrachtungen der Wellenverhältnisse überhaupt eingegangen ist.

Die optischen Erscheinungen, die wir noch zur Vorbereitung der Lehre vom Sehen kennen lernen müssen, lassen sich rein geometrisch und größtentheils unabhängig von irgend einer Lichttheorie darstellen. Wir brauchen hier nur einfach die Bahn des Wellenzuges als einen geradlinigen Lichtstrahl und seine Geschwindigkeit unter gewissen gegebenen Winkelverhältnissen aufzufassen.

Zurückgeworfene und durchgehende Strahlen. — Da jeder 3398
Leuchtpunkt seine Strahlen nach allen Richtungen hin geradlinig aussendet, so erhalten wir für jede einseitig beschränkte Bahn einen Strahlenkegel, dessen Grundfläche mit der erleuchteten Oberfläche zusammenfällt. Es werden daher die einzelnen Strahlen in keinem Falle unter sich pa-

rallel sein. Sie müssen sich immer unter einem an der Spitze des Kegels gelegenen Winkel, dem Ausflußwinkel, schneiden.

3399 Man kann sich je einen Lichtstrahl zwischen dem leuchtenden Punkte und jedem beliebigen Punkte der beleuchteten Oberfläche gezogen denken. Diese vergrößert sich aber mit der Entfernung. Es wird sich auch gleichsam die Zahl der Lichtstrahlen mit Zunahme des Abstandes des Leuchtpunktes vermehren. Der Winkel, den die einzelnen Strahlen unter einander bilden, ist aber der Quotient des Ausflußwinkels und der Menge der Strahlen. Er muß sich daher um so mehr verkleinern, die einzelnen Strahlen werden sich um so mehr dem Parallelismus nähern, je weiter der Leuchtpunkt von dem beleuchteten Gegenstande absteht. Ist die Entfernung sehr groß oder, wie man sich ausdrückt, unendlich, so vernachlässigt man die äußerst kleinen Durchschnittswinkel und spricht von parallelen Strahlen.

3400 Dringt ein Strahl aus einem Mittel in einen Körper, der andere optische Eigenschaften besitzt (§. 3345.), vor, so bilden sich zwei Strahlen, von denen der eine zurückläuft, der andere dagegen in veränderter Richtung weiter geht (§. 3348.). Denken wir uns, daß wir uns an derselben Seite wie die Lichtquelle befinden, so werden es die zurückgeworfenen Strahlen möglich machen, daß das Auge die Oberfläche des Körpers erblickt. Die völlig gebrochenen Strahlen dagegen müssen unter diesen Verhältnissen unserem Gesichtswerkzeuge entgehen.

3401 Die Durchsichtigkeit einer Masse hängt von der verhältnißmäßigen Menge von Lichtstrahlen, welche sie gebrochen durchtreten läßt, ab. Es ergiebt sich hieraus, daß wir einen absolut durchsichtigen Körper gar nicht seiner Dicke nach wahrnehmen könnten. Die meisten wägbaren Stoffe aber, die wir erblicken, bestehen aus Theilchen, die unter sich ungleich sind. Eine gewisse Menge von Licht, das schon durch ein Molecül der ersten Schicht gegangen ist, wird an der Oberfläche des entsprechenden Molecüls der zweiten Schicht zurückgeworfen. Da sich dieses von Lage zu Lage wiederholt, so haben wir eine fortwährende innere Zurückwerfung, vermöge deren unser Auge nicht bloß die Oberfläche, sondern auch die Tiefe des sogenannten durchsichtigen Stoffes erkennt. Die körperliche Sichtbarkeit hängt daher von dem Maaße der Undurchsichtigkeit ab.

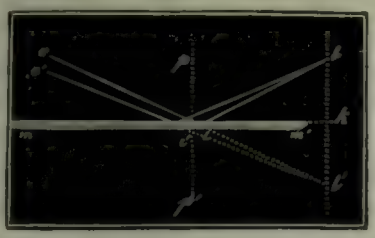
3402 Der Grad der inneren Zurückwerfung wechselt natürlich zunächst mit der Molecularbeschaffenheit des Körpers. Bleibt sich aber das neue Mittel gleich, so nimmt die Stärke des durchdringenden Lichtes in einer geometrischen Progression ab, so wie sich die Dicke der ablenkenden Masse in einer arithmetischen vergrößert. Körper, die in dünnen Schichten durchsichtig sind, werden in dicken undurchsichtig. Denken wir uns endlich, daß gar keine Strahlen mehr an der entgegengesetzten Fläche einer ablenkenden Masse austreten können, so haben wir eine gänzliche Zurückwerfung oder eine totale Reflexion (vgl. §.§. 3352. u. 3430.).

3403 Die Stärke der regelmäßig oder einseitig zurückgeworfenen Strahlen wächst mit der Schiefheit der Neigung der einfallenden Strahlen, der Glätte der Oberfläche, dem gegenseitigen Unterschiede der Ab-

lenkungskräfte oder der Größe des Brechungscoefficienten (§. 3350.) und vielleicht auch mit dem Grade der Durchsichtigkeit des Mittels. Je rauher aber die Trennungsfläche ist, je weniger ihre Atome in einer Trennungsebene liegen, je ungleichere Bedingungen sie ihrer optischen Eigenschaften wegen darbieten, um so mehr wird der zurückgeworfene Theil des Strahles nach allen möglichen Richtungen verbreitet oder, wie man sich ausdrückt, zerstreut. Der gebrochene Strahl muß umgekehrt eine um so bedeutendere Lichtstärke beibehalten, je geringer der verhältnißmäßige Brechungscoefficient und je größer die Gleichartigkeit des zweiten Mittels ausfällt. Das Papier wird daher durchsichtiger, so wie man es mit Oel durchtränkt hat. Denn die optischen Eigenschaften der Molecüle des Oeles stehen denen des Papieres näher, als die der Luft, welche früher die feinsten Zwischenräume ausfüllte.

Regelmäßige Zurückwerfung. — Fällt ein Lichtstrahl li, Fig. 200., auf eine spiegelnde gerade Ebene mm', so nennt man das Einfallsloth die Linie pp', die in dem Berührungspunkte i senkrecht auf mm' steht. Der Winkel lip heißt der Einfalls- und pic der Zurückwerfungs- oder Reflexionswinkel. Beide haben die gleiche Größe. Sie liegen überdies in einer und derselben, durch li und pi oder pi und ci bestimmten Ebene. Es ergiebt sich hieraus, daß sich auch der einfallende Strahl li und der zurückgeworfene pi unter den gleichen Winkeln lim' und pim gegen die Trennungsebene mm' neigen. Man kann endlich mit Leichtigkeit darthun, daß das Licht, wenn es von l bis c in einer Winkelbahn, die mm' berührt, verlaufen soll, den möglichst kürzesten Weg auswählt, so wie sein Einfallswinkel und sein Zurückwerfungswinkel gleich ausfallen. 3404

Fig 200.



Ein zweiter Strahl li', der von demselben Punkte l kommt, wird in $i'c'$ zurückgeworfen. Das Auge, das sich in $c'c$ befindet, empfängt daher die beiden auseinanderfahrenden Strahlen, als wenn sie unmittelbar von l' stammten und keine Zurückwerfung erlitten hätten. Da aber $lk = l'k$ ist, so bleibt sich die Lichtstärke, so weit sie sich nur auf den zurückgeworfenen Strahl bezieht, verhältnißmäßig gleich. Wir sehen daher das optische Bild eben so weit hinter dem oberen Spiegel, als sich der Gegenstand vor demselben befindet. 3405

Der Punkt l hat dieselben Beziehungen zu p, wie l' zu p'. Das Spiegelbild giebt mithin den Gegenstand in jeder Hinsicht treu wieder. Da aber die Richtungen lk und $l'k$ entgegengesetzt sind, so erhellt hieraus von selbst, aus welchem Grunde das optische Bild den Menschen, der sich in einem Spiegel betrachtet, ansieht, und weshalb eine scheinbare seitliche Umkehrung bei dieser Auffassungsweise zu Stande kommt. 3406

Das Spiegelbild kann nicht die gleiche Helligkeit, wie die Lichtquelle besitzen. Sie muß vielmehr um die Menge der zerstreuten und der durchgelassenen Strahlen abnehmen. Die Trennungsfläche des Spiegels giebt 3407

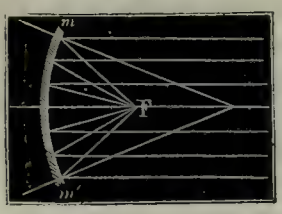
das erste und stärkste Spiegelbild. Da aber die innere Zurückwerfung des Glases oder des Metalls neue Bilder zu erzeugen im Stande ist, so kann ein und derselbe Spiegel eine Menge von Bildern liefern. Diese nehmen jedoch der Reihe nach an Lichtstärke ab und entgehen daher bald der Auffassung der Gesichtswerkzeuge.

3408 Denken wir uns, der Spiegel mm', Fig. 201., bildet den Abschnitt einer Kugelfläche, deren Halbmesser cm oder cm' gleicht, so nennt man c den Mittelpunkt der Krümmung, den Winkel mcm' die Oeffnung und die den letzteren halbirende Linie ca die Achse. mm' muß in den Hohlspiegeln concav und in den Converspiegeln conver gedacht werden.

Fig. 201.

3409 Da mm' eine Kugelebene bildet, so folgt, daß parallele Strahlen in keinem Falle so zurückgeworfen werden können, daß sie sich in einem Punkte der Achse wechselseitig schneiden oder, wie man sagt, vereinigen. Die Verschiedenheit der Durchschnittsstellen wird aber mit der Größe der Oeffnung zunehmen. Hält sich diese innerhalb einer bestimmten kleinen Grenze, so kann das Auge den Fehler, der hieraus hervorgeht und den man mit dem Namen der sphärischen Aberration oder der Abweichung wegen der Kugelgestalt bezeichnet, nicht mehr bemerken. Es kommt ihm vor, als wenn sich alle Strahlen in einem Hauptbrennpunkte F vereinigten. Die, welche diese Eigenthümlichkeit darbieten, heißen centrale Strahlen. Gleicht die Krümmung keiner Kugelfläche, so wird meist der Fehler um so hartnäckiger wiederkehren.

Fig. 202.



3410 Die Strahlen, die von einem Punkte ausgehen und sich wiederum in einem zweiten vereinigen, liefern natürlich entsprechende Verhältnisse. Ein Punkt der Leuchtquelle giebt dann wiederum nur einen Punkt des optischen Bildes. Wir sehen daher dieses mit vollkommener Schärfe. Fällt dagegen jene Bedingung hinweg, so haben wir eine Reihe von Punkten für je einen Punkt der leuchtenden Masse. Die Deutlichkeit des Bildes leidet unter diesen Verhältnissen. Wir werden daher nur die Bilder von centralen Strahlen in befriedigender Weise wiedererkennen.

3411 Da dieser Umstand in den Spiegeln und den Linsen in gleicher Weise wiederkehrt, so erklärt es sich hieraus, weshalb man diesen optischen Werkzeugen möglichst kleine Oeffnungen oder große Krümmungshalbmesser zu geben sucht. Besitzen sie keine sphärischen Krümmungen, so verwickeln sich alle Verhältnisse in höherem Grade.

Denken wir uns, AB, Fig. 203., sei ein sphärischer Hohlspiegel, 3412
ad seine Achse und m sein Krümmungsmittelpunkt, der Leuchtpunkt a liege in der Achse ad und sende den Achsenstrahl seines Lichtkegels in der Richtung ab auf AB, so wird der Halbmesser mb das Einfallsloth bilden, weil er auf der durch b gelegten Tangente senkrecht steht. Ist $i = i'$, so entspricht bc dem zurückgeworfenen Achsenstrahle. Man sieht leicht, daß i und i' um so kleiner werden, je mehr sich die Lichtquelle a dem Mittelpunkte m nähert. c und m stehen dann auch weniger von einander ab. Fällt zuletzt der Lichtpunkt mit m zusammen, so bildet mb die Bahn des einfallenden und derselbe Weg die des zurückgeworfenen Strahles.

Fig 203.

Ein auffallender Strahl, der durch den Krümmungsmittelpunkt geht, 3413
heißt ein Hauptstrahl. Dieser wird also in jedem Falle in seiner eigenen Richtung (mb oder md, Fig. 203.) zurückgeworfen. Die übrigen Lichtpunkte dagegen, die auf der Achse und zwar jenseit des Krümmungsmittelpunktes liegen, haben ihre Brennpunkte um so weiter von dem Krümmungsmittelpunkte entfernt, je mehr sie von diesem abstehen.

Stellen wir uns vor, der Punkt a liege unendlich fern, d. h. ab 3414
sei der Achse ad parallel (§. 3399.), so wird jeder der Winkel i, i' und x gleich viel betragen. Der Brennpunkt c liegt dann in der Mitte des Halbmessers md. Man nennt ihn den Hauptbrennpunkt. Befindet sich umgekehrt der leuchtende Punkt in dem Hauptbrennpunkte F, Fig. 204., so werden alle Strahlen parallel zurückgeworfen. Es ergiebt sich ferner, daß die Brennpunkte der zurückkehrenden Strahlen bei Leuchtpunkten, die zwischen dem Hauptbrennpunkte und dem Mittelpunkte der Kugelkrümmung liegen, die Achse jenseit des Krümmungsmittelpunktes schneiden. Ihr Brennpunkt entfernt sich um so mehr, je mehr sich der Leuchtpunkt dem Hauptbrennpunkte nähert.

Fig. 204.

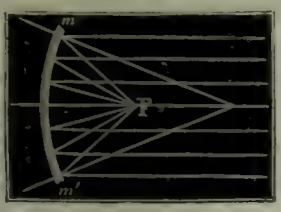
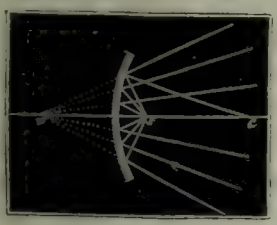
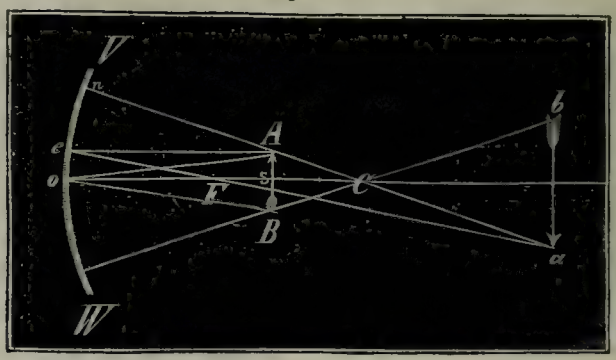


Fig. 205.



Nehmen wir endlich an, der Lichtpunkt s, Fig. 205, liege zwischen dem Hauptbrennpunkte und der Spiegeloberfläche, so müssen alle Strahlen so zurückgeworfen werden, daß sie vor dem Spiegel auseinanderfahren. Ihr Vereinigungspunkt v liegt daher hinter dem Spiegel. Man nennt v den virtuellen Brennpunkt.

3415 Fig. 206.

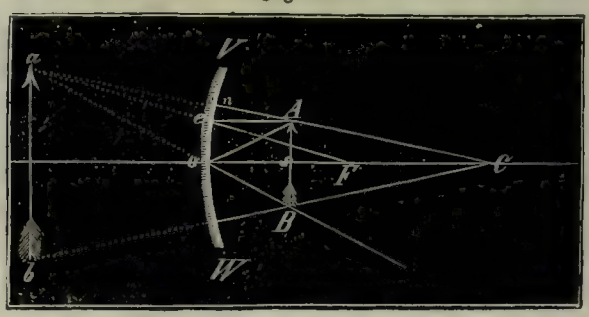


Befindet sich der leuchtende Punkt a, Fig. 206., außerhalb der Spiegelachse oC, so kann uns eine einfache geometrische Construction den Ort seines Bildes für alle Fälle angeben. Wir bestimmen die Lage seines Hauptstrahles, d. h. wir ziehen eine Linie aCn, die durch den Lichtpunkt a und den Mittelpunkt der Spiegelkrümmung C verläuft, wir führen eine zweite Linie aFe durch a und den Hauptbrennpunkt F und legen endlich eA parallel der Spiegelachse oC. A wird dann den Ort des Bildes a angeben.

3416 Man kann sich den Grund dieses Verfahrens in folgender Weise anschaulich machen. Der Hauptstrahl aCn muß in sich selbst zurückgeworfen werden, weil er in der Bahn des Halbmessers oder des Einfallslothes Cn verläuft (§. 3413.). Da der Brennpunkt derjenige Punkt ist, in dem sich alle Strahlen schneiden, so wird er jedenfalls im Verlaufe der Linie aCn liegen. Der leuchtende Punkt a verbreitet aber Lichtstrahlen nach allen möglichen Seiten. Einer von diesen muß durch den Hauptbrennpunkt F der Achse oC verlaufen, weil der Winkel CaF nur dann hinwegfiele, wenn sich a in der Achse oC selbst befände. Der Strahl aFe, der durch den Hauptbrennpunkt F geht, wird aber parallel in eA zurückgeworfen. Er muß den Hauptstrahl unter demselben Winkel eAn schneiden, den auch der Hauptstrahl aCn mit der Achse oC macht Der Punkt A, in dem sich der Hauptstrahl mit dem durch den Hauptbrennpunkt gegangenen und zurückgeworfenen Strahle kreuzt, bildet natürlich den Brennpunkt, weil sich sonst diese Strahlen an einem anderen Orte, als die übrigen vereinigten.

3417 Wir bestimmen die Lage eines körperlichen Bildes, wenn wir die Beziehungen der Endpunkte feststellen. Fig. 206. ergiebt hiernach von selbst, daß ein Gegenstand ab, der jenseit des Krümmungsmittelpunktes C liegt, umgekehrt und verkleinert als BA abgespiegelt wird. Ein Körper, der zwischen dem Hauptbrennpunkte F und dem Krümmungsmittelpunkte C aufgestellt ist, erscheint ebenfalls umgekehrt, aber vergrößert.

3418 Fig. 207.

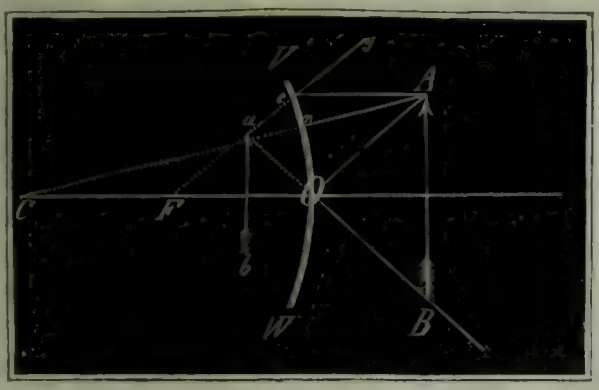


Wenden wir endlich das §. 3415. erwähnte Verfahren auf Gegenstände AB, Fig. 207., die zwischen dem Hauptbrennpunkte F und der Spiegelkrümmung VW liegen, an, so bildet nAC den Hauptstrahl, der in sich selbst

zurückgeworfen wird. Ein Strahl Ae, der der Spiegelachse oC parallel ist, geht durch den Hauptbrennpunkt F. Während also die einfallenden Strahlen An und Ae in der Richtung nach dem Spiegel zu auseinanderfahren, entfernen sich die zurückgeworfenen Strahlen nAC und eF wechselseitig um so mehr, je weiter sie von der Vorderseite des Spiegels abstehen. Ihr gegenseitiger Durchschnittspunkt a liegt daher hinter derselben. Wir haben hier eben so gut einen virtuellen Brennpunkt, als in dem dritten (§. 3414.) erwähnten Falle. Da das Gleiche für B gilt, so erhalten wir hier ein vergrößertes und aufrechtes Bild ab, das jedoch hinter dem Spiegel liegt.

Dieselbe Schlußfolge kann uns die Verhältnisse der Converspiegel 3419 klar machen. Die Krümmung VOW, Fig. 208., ist hier nach vorn gerichtet. Es müssen daher der Krümmungsmittelpunkt C, der Krümmungshalbmesser CO und der Hauptbrennpunkt F in jedem Falle virtuell sein (§. 3414.). Jeder sich abspiegelnde Gegenstand wird hier außerhalb des Krümmungshalbmessers und nur in seiner nach der Vorderseite des Spiegels geführten Verlängerung, über oder unter ihr liegen. Nehmen wir an, der obere Punkt desselben sei A, so bildet AuC seinen Hauptstrahl, der in sich selbst zurückgeworfen wird. Ein der Achse CO paralleler Strahl Ae muß so zurückkehren, daß die Verlängerung seiner Bahn ey als eaF den virtuellen Hauptbrennpunkt F durchsetzt. Es wird mithin der Brennpunkt a des Leuchtpunktes A hinter dem Spiegel liegen oder virtuell sein. Führen wir das Gleiche für B durch, so sehen wir, daß sich die Gegenstände AB in einem Converspiegel in virtuellen, aufrechten und verkleinerten Bildern wiedergeben. Man könnte nur dann auf eine Ausnahme dieses Gesetzes stoßen, wenn die Strahlen nicht von dem Lichtpunkte nach dem Spiegel hin auseinanderführen, sondern im Gegentheile nach VW convergirten.

Fig. 208.



Es ergiebt sich aus dieser Betrachtung, daß die Converspiegel Bil- 3420 der, die hinter dem Spiegel liegen, erzeugen. Die Hohlspiegel liefern sie nur dann, wenn sich der Gegenstand zwischen ihnen und dem Hauptbrennpunkte befindet. Sie bedingen dagegen sonst bloße Luftbilder. Diese scheinen jedoch auch unter den gewöhnlichen Verhältnissen hinter dem Spiegel zu liegen.

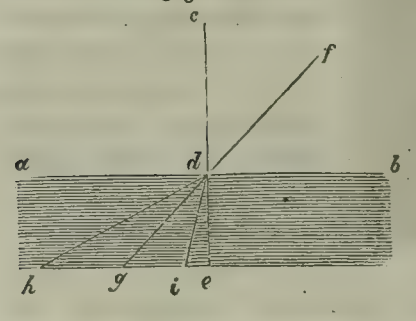
Denken wir uns nun, wir hätten drei hinreichend durchsichtige 3421 und hinter einander folgende Spiegelflächen, die beiden vorderen seien conver, der hintere concav, und jeder von ihnen liefere nur ein Bild (§. 3407.), so wird eine vorgehaltene Kerzenflamme dreimal abgespiegelt werden. Die beiden ersten Spiegel geben in jedem Falle aufrechte Bil-

der. Der dritte dagegen stellt ein umgekehrtes Bild dar, so wie sich die Flamme jenseit des Hauptbrennpunktes befindet. Wir werden sehen, daß diese Voraussetzung auf die Spiegelungsverhältnisse des menschlichen Auges angewendet werden kann.

3422 Die Größe des Spiegelbildes hängt von drei Bedingungsgliedern, der Krümmung der Spiegelfläche, der Ausdehnung und der Ortsbeziehung des sich spiegelnden Gegenstandes ab. Kennt man drei dieser Werthe, so ist man auch im Stande, die vierte durch Rechnung zu suchen. Da nun convexe und concave Spiegelflächen, deren Flächen nicht immer sphärisch sind, in dem Auge des Menschen vorkommen, so wird man die Krümmung derselben ermitteln können, wenn man die Größen, unter denen sich derselbe Gegenstand an verschiedenen Stellen abspiegelt, aufgefunden hat.

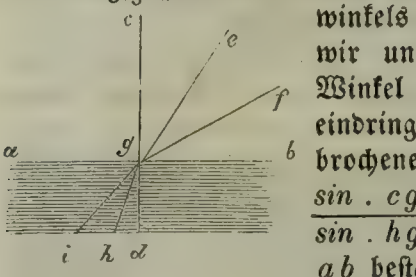
3423 **Regelmäßige einfache Brechung.** — Trifft ein Lichtstrahl fd, Fig. 209., die Oberfläche ab eines neuen ungleichartigen Mittels, so geht der Theil, der weiter schreitet, nicht in der Verlängerung der früheren Bahn dg, sondern in di oder dh weiter (§. 3350.). Ist cde das Einfallsloth, so bestimmt die Natur des Mittels die Beziehungen des Einfallswinkels fdc und des Brechungswinkels ide oder hde. Lenkt dieses stärker ab, so ist ide kleiner, als cdf oder gde. Uebt es die umgekehrte Wirkung aus, so wird hde größer, als cdf oder gde. Der Strahl wird daher in dem ersteren Falle dem Einfallslothe **zugeführt** und in dem letzteren von ihm **hinweggebrochen**. Der einfallende und der gebrochene Strahl liegen in jedem Falle in einer und derselben durch sie und das Einfallsloth, mithin durch df und cd oder di und de bestimmten Ebene. Sie befinden sich aber in ihr an entgegengesetzten Seiten des Einfallslothes.

Fig. 209.



3424 Bleibt das neue Mittel ab, Fig. 210., das gleiche, so ändert sich auch nicht die Beziehung des Sinus des Einfallswinkels zu dem des Brechungswinkels. Denken wir uns, eg sei ein Strahl, der unter dem Winkel egc, und fg ein zweiter, der unter fgc eindringt, während gh und gi den beiden gebrochenen Strahlen entsprechen, so ist immer $\frac{\sin . cge}{\sin . hgd} = \frac{\sin . cgf}{\sin . igd}$ eine für dasselbe Mittel ab beständig bleibende Größe, die man mit dem Namen des **Brechungscoefficienten**, des **Brechungsinder** oder **Brechungsverhältnisses** bezeichnet (§. 3350.) Dieses Grundgesetz der Ablenkungserscheinungen wurde von **Snell** entdeckt und von **Descartes** in der eben erläuterten Form entwickelt.

Fig. 210.



Nehmen wir an, der Strahl *de*, 3425
Figur 211., dringe in ein stärker brechendes Mittel *ab* ein, so ist der Brechungswinkel *fdg* kleiner, als der Einfallswinkel *cde*. Da nun beide zwischen 0° und 90° liegen und die Sinus mit den Winkeln in dem ersten Quadranten des Kreises wachsen, so ergiebt sich von selbst, daß das Brechungsverhältniß größer, als 1 sein muß. Geht umgekehrt der Strahl *cb*, Fig. 212., aus einem stärker ablenkenden Mittel in ein schwächer brechendes über, so wird auch der Einfallswinkel *abc* kleiner, als der Brechungswinkel *dbe* ausfallen und mithin das Brechungsverhältniß unter 1 stehen. Die stärker ablenkenden Körper besitzen im Allgemeinen eine größere Dichtigkeit. Allein Boyle wußte schon, daß diese nicht immer mit der Größe der Ablenkung gleichmäßig wächst oder fällt.

Fig. 211.

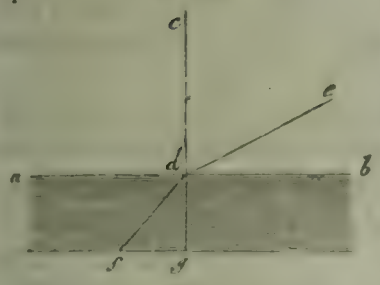
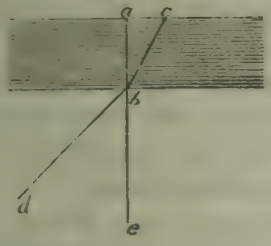


Fig. 212.

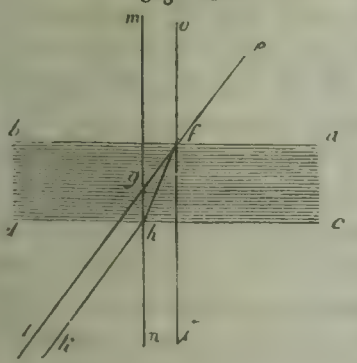


Stellt man sich vor, daß ein Lichtstrahl aus dem leeren Raume in 3426
eine wägbare Masse tritt, so erhält man das absolute Brechungsverhältniß. Das relative dagegen bildet diejenige Größe, welche der gegenseitigen Beziehung zweier wägbaren Stoffe entspricht. Man findet es, wenn man den Quotienten ihrer absoluten Brechungscoefficienten aufsucht. Anhang Nr. 191.

Das um die Einheit verminderte Quadrat des Brechungsverhältnisses 3427
heißt die brechende Kraft, der Quotient von dieser und der Dichtigkeit dagegen das Brechungsvermögen. Beide Benennungen beruhen vorzugsweise auf Vorstellungen, welche die Ausflußlehre des Lichtes in die Wissenschaft einführte.

Hat das brechende Mittel *abcd*, Fig. 213., parallele ebene Ober- 3428
flächen *ab* und *cd* und befindet sich ein und dasselbe zweite Medium an den Grenzen von diesen, so tritt der Strahl *ef* in einer parallelen Richtung *hk* hervor. Nehmen wir an, *efo* sei der Einfalls- und *hfi* der Ablenkungswinkel der ersten Brechung, so gleicht der zweite Einfallswinkel *fhg* dem ersten Ablenkungswinkel *hfi*, weil *ab* und *cd* der Voraussetzung nach und *oi* und *mn* als Einfallslothe parallel sind. Da sich aber hier dieselben Ablenkungsverhältnisse umkehren, so muß auch der zweite Brechungswinkel *khn* dem ersten Einfallswinkel *efo* gleichen. Wird aber *khn* =

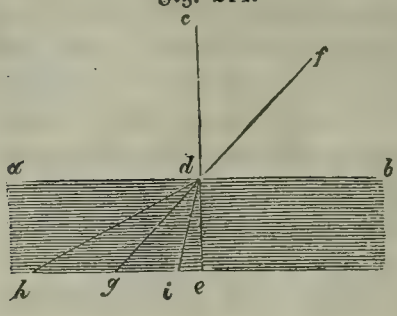
Fig. 213.



efo, so ist auch $efb = khc$. Da nun hc und fb parallel sind, so müssen auch hk und ef parallel sein, d. h. der austretende Strahl wird in einer dem einfallenden parallelen Richtung fortlaufen. Wären die Trennungsflächen ab und cd nicht parallel, so würde auch der Parallelismus der beiderseitigen Strahlen verloren gehen.

3429 Wir können annehmen, daß der Einfallswinkel cdf, Fig. 214., immer zwischen 0° und 90° liegt, weil sein Sinus, wenn auch der Strahl unter dem stumpfen Winkel fda einfiele, mit dem des spitzen fdb übereinstimmte. Der Strahl fd geht in der Bahn des Einfallslothes cd weiter, wenn $fdc = 0°$ wird. Er bewegt sich in der Trennungsfläche db, wenn $fdc = 90°$ ist. Das Brechungsverhältniß des neuen Mittels, dessen Oberfläche ab ist, kann über oder oder unter 1 stehen. Untersuchen wir, wie sich die Verhältnisse jener Grenzwerthe in den beiden genannten Fällen verhalten werden.

Fig. 214.



Es läßt sich leicht beweisen, daß ein Einfallswinkel von 0° einen Ablenkungswinkel von 0° haben muß, das zweite oder das erste Mittel möge
Anhang Nr. 181. die stärkere Brechungskraft besitzen. Suchen wir uns diesen Satz auf graphischem Wege klar zu machen, so wird der gebrochene Strahl als di oder dh von der Verlängerung dg des einfallenden abgelenkt, je nachdem das Brechungsverhältniß über oder unter 1 steht. Der Winkel ide oder hde muß aber auch Null werden, wenn der Winkel fdc bis auf Null herabsinkt, d. h. der gebrochene Strahl geht dann in der Bahn des einfallenden weiter. Da aber dieser in das Einfallsloth cd selbst fällt, so wird er gar nicht abgelenkt, sondern in gerader Richtung cde fortgeführt.

3430 Betrachten wir dagegen den anderen Fall, in dem der Einfallswinkel 90° erreicht, weil der einfallende Strahl längs dem der Trennungsebene bd dahingeht, so werden die Verhältnisse verschieden ausfallen, je nachdem das zweite Mittel stärker oder schwächer ablenkt. Bricht es kräftiger, so müssen wir für das Maximum des Einfallswinkels einen Ablenkungswinkel, der kleiner als 90° ist, erhalten. Dieser Brechungswinkel ist aber der größte, der überhaupt erreicht werden kann, oder der **Grenzwinkel**, weil der dem größtmöglichen Einfallswinkel entspricht. Hat das zweite Mittel ein schwächeres Brechungsverhältniß, so ist der Ablenkungswinkel größer, als der Einfallswinkel. Der gebrochene Strahl hd, Fig. 214., wird daher schon früher, als der einfallende fd bei ab anlangt, die Trennungsfläche da treffen. Wir haben daher hier eine Maximalgröße des einfallenden Winkels, bis zu welcher eine Brechung überhaupt möglich ist. Wird diese erreicht oder überschritten, so kommt gar kein gebrochener Strahl zu Stande. Es werden alle einfallenden Strahlen zurückgeworfen. Man nennt dieses Verhältniß die **gänzliche Zurückwerfung** oder die **totale Reflexion** (§. 3402.).

3431 Die Formel des **Snellius**'schen Brechungsgesetzes ergiebt, daß der

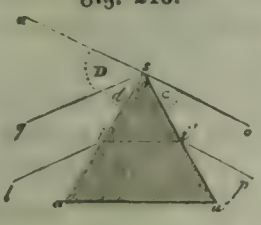
Sinus des größten Ablenkungswinkels eines Strahles, der aus einem schwächer brechenden in ein stärker ablenkendes Mittel übertritt, dem Quotienten der Einheit und des Brechungsverhältnisses gleicht. Geht er umgekehrt aus einem kräftiger brechenden in ein schwächer ablenkendes Mittel über, so entspricht dann der unter 1 stehende Werth des Brechungscoefficienten dem Sinus des Einfallswinkels, bei dem die Brechung aufhört und die gänzliche Zurückwerfung beginnt. Anhang Nr. 131.

Der verhältnißmäßige Brechungsinder der Luft und der Hornhaut des menschlichen Auges gleicht 1,3296. Wir erhalten daher 48°48′ für den größtmöglichen Ablenkungswinkel einer ebenen Hornhautfläche. Ginge der Strahl umgekehrt aus der Hornhaut in die Atmosphäre über, so bildete dieselbe Größe des Einfallswinkels die Grenze, bei der die gänzliche Zurückwerfung eintreten müßte. 3432

Besitzt ein Körper zwei Seitenflächen, die nicht parallel sind, so muß ein Strahl, der durch die eine eintritt und zur anderen herausgeht, um in das frühere Mittel zurückzukehren, in einer Bahn, die der ursprünglichen Richtung nicht parallel ist, verlaufen (§. 3428.). Es werden daher je zwei zusammenstoßende Flächen eines Prisma diese Eigenschaft darbieten. Ein dreiseitiges Prisma kann die hier in Betracht kommenden Verhältnisse am einfachsten erläutern. 3433

Wir haben früher (§. 3423.) gesehen, daß der einfallende und der gebrochene Strahl in einer und derselben Ebene liegen. Wir brauchen daher nur einen senkrechten Querschnitt oder einen Hauptschnitt saa', Fig. 215., zu berücksichtigen, um zum Ziele zu gelangen. Man nennt den Winkel g, den die beiden brechenden Seitenflächen sa und sa' einschließen, den brechenden Winkel und die ihm gegenüberstehende Seite aa' die Grundfläche des Prisma's. 3434

Fig. 215.



Soll ein Strahl li, der zuerst in i i' gebrochen wird, bei i' als $i'p$ hervortreten können, so darf der brechende Winkel g eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Ist er zu groß, so findet in i' eine gänzliche Zurückwerfung Statt. Der Strahl geht nicht zur Hinterfläche sa' heraus. 3435 Anhang Nr. 132.

Da der Strahl li ein Mal bei i und ein zweites Mal bei i' abgelenkt wird, so müssen sich die beiden Wirkungen verbinden, um eine Gesammtabweichung zu Stande zu bringen. Es läßt sich zeigen, daß D diese Größe ist, wenn gs dem einfallenden und no dem austretenden Strahle entspricht. Man kann ferner beweisen, daß D seinen möglichst kleinsten Werth erreicht, wenn der einfallende Strahl li einen eben so großen Winkel lia mit seiner Brechungsfläche as macht, als der austretende $i'p$ mit der seinigen $a's$. Man spricht daher in diesem Falle von einer kleinsten Ablenkung und einem symmetrischen Durchgange des Strahles. 3436 Anhang Nr. 133.

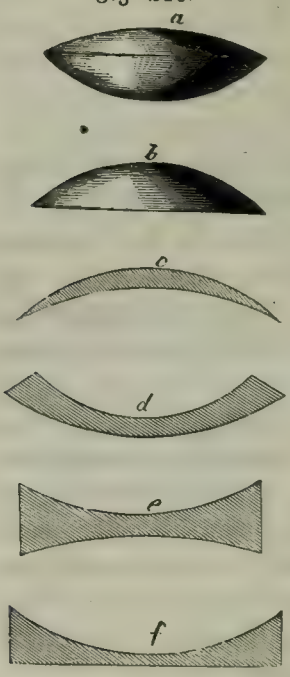
Die Richtung $i'p$ des austretenden Strahles hängt von dem Brechungsverhältnisse n, dem brechenden Winkel g und der Neigung des ein- 3437

fallenden Strahles ab. Es läßt sich daher auch das Brechungsverhältniß eines Prisma's finden, wenn die drei übrigen Größen bekannt sind. Geht der Strahl symmetrisch durch, so wird die für n gültige Formel am einfachsten. Man kann dann auch ihre Grundwerthe in der Erfahrung am leichtesten ermitteln. Da man sich bisweilen dieser Vorschrift bedient hat, um die Brechungsverhältnisse einzelner Theile des Auges zu finden, so ist jene Formel in Nr. 132 des Anhanges entwickelt worden.

Anhang. Nr. 132.

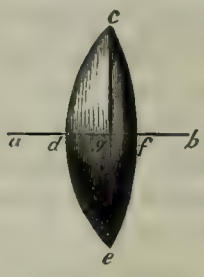
3438 Hat ein brechendes Mittel wenigstens eine gekrümmte Oberfläche, so wird es mit dem Namen einer **Linse** bezeichnet. Fig. 216. zeigt uns die verschiedenen Fälle, die an einfachen, kugelförmig geschliffenen Linsen vorkommen können. Sind beide Oberflächen ausgebaucht, a, Fig. 216., so spricht man von einer **biconveren** oder **convex-converen** Linse. Sie wird dagegen **planconvex**, b, Fig. 216., wenn die eine Fläche einer geraden Ebene gleicht. Ist die eine ausgebaucht und stärker gekrümmt, die andere dagegen ausgehöhlt und schwächer gebogen, so hat man einen **convex-concaven**, c, und unter den umgekehrten Krümmungsgrößen einen **concav-converen Meniscus**, d, Fig. 216. Der Fall, in dem beide Flächen ausgehöhlt sind, e, Fig. 216., entspricht einer **biconcaven** oder einer **concav-concaven** und der, in welcher die eine eben ist, f, Fig. 216., einer **plan-concaven Linse**. Die Formen a, b und c gehören zu den **Sammel-** und d, e und f zu den **Zerstreuungslinsen**. Der Grund dieser Benennungen wird uns sogleich klar werden (§. 3448.).

Fig. 216.



3439 Verbinden wir die Mittelpunkte a und b, Fig. 217., der beiderseitigen Krümmungsflächen cde und cfe einer doppelt gebogenen Linse, so giebt ab die Richtung der **Achse** an (§. 3270.). Besitzt der brechende Körper eine gekrümmte und eine gerade Fläche, so erhält man die Achsenbeziehung, wenn man den einen vorhandenen Mittelpunkt mit der Mitte der ebenen Oberfläche durch eine gerade Linie verbindet.

Fig. 217.

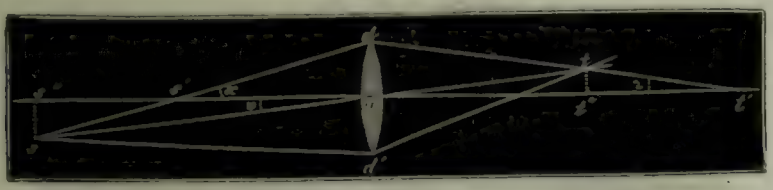


3440 Liegen alle Theile ähnlich und symmetrisch um die Achse, so ist die Linse **centrirt**. Der Abschnitt df, Fig. 217., der Achse, welcher die beiden Oberflächen cde und cfe verbindet, heißt die **größte Dicke** der Linse. Verbinden wir die Vereinigungspunkte c und e durch eine gerade ce, so erhalten wir einen Durchschnittspunkt g, der der **optische Mittelpunkt** genannt zu werden pflegt.

3441 Verläuft der Lichtstrahl in der Achse der Linse $s''t''t'$, Fig. 218., so bildet er einen **Achsenstrahl**. Der Hauptstrahl eines leuchtenden Punk-

tes s'', der in der Achse liegt, muß einem Achsenstrahle entsprechen. Befindet sich dagegen der Lichtpunkt in s, so wird die Richtung seines Haupt-

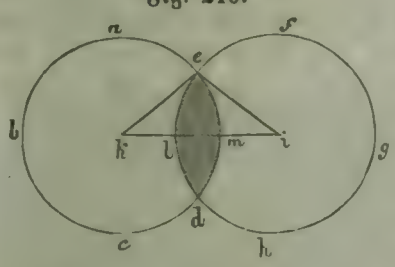
Fig. 218.



strahles sa die Achse unter dem Winkel v schneiden. Ist v sehr klein, so daß der Hauptstrahl fast ungebrochen als sat durchgeht, so wird auch häufig sat mit dem Namen einer Nebenachse oder einer secundären Achse bezeichnet. Die doppelte Größe des Winkels v oder die Oeffnung, welche unter den obigen Bedingungen gestattet ist, bestimmt das Feld der Linse.

Da hier die Fehler der Abweichung von der Kugelgestalt 3442
und die Beziehungen der centralen und der nicht centralen Strahlen in ähnlicher Weise, wie in den Spiegeln (§. 3409.) wiederkehren, so muß man bei der Verfertigung der Linsen im Auge behalten, daß sie möglichst schwache Krümmungsoberflächen mit möglichst großen Oeffnungen verbinden. Denken wir uns, $aemdcb$, Fig. 219., sei der Krümmungskreis

Fig. 219.



der einen und $feldhg$ der der anderen Oberfläche einer sphärischen, doppelt converen Linse und k und i die entsprechenden Mittelpunkte, so bildet $klmi$ die Achse der von dem gemeinschaftlichen Theile $eldm$ erzeugten Linse. Die Halbmesser ke und ie bestimmen die Stärke der Krümmung und daher auch die Größe der sphärischen Abweichung, das Doppelte des Winkels eki oder eik die Weite der Oeffnung. Denken wir uns, wir hätten concentrische Kreise mit größeren Halbmessern um die Mittelpunkte k und i beschrieben, so wird sich hierdurch die Oeffnung nicht ändern. Es muß aber die Krümmung flacher werden und die Abweichung von der Kugelgestalt geringer ausfallen. Es erklärt sich hieraus, weshalb man sich in der Regel bemühte, die Halbmesser der Linsenkrümmungen so groß, als es nur die Nebenzwecke gestatten, auszuwählen.

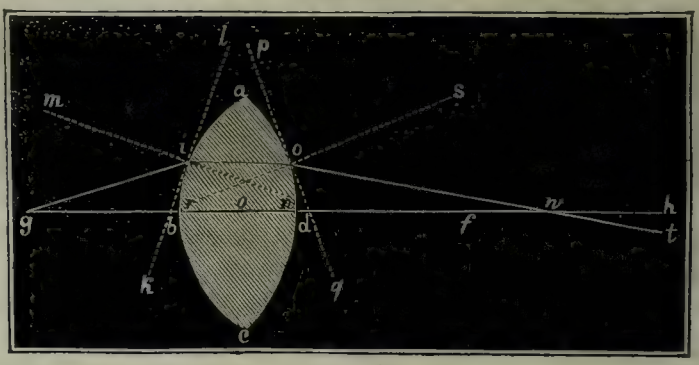
Stellen wir uns vor, ab, Fig. 220., sei eine Linse, die nicht bloß 3443
centrale Strahlen durchläßt, so können wir ihre sphärische Abweichung verkleinern oder beseitigen, wenn wir eine Blendung oder Diaphragma $cdef$, Fig. 219., d. h. eine undurchsichtige, mit einer kleinen Oeffnung de versehene Platte vorschieben. cd und ef halten die nicht centralen Strahlen ab. Die Oeffnung der Linse wird aber hierdurch verringert.

Fig. 220.

Betrachten wir die doppelt convexe centrirte Linse $abcd$, 3444
Fig. 221. a. f. S., so ist gh ihre Achsenverlängerung. Befindet

sich der leuchtende Punkt g innerhalb gh, so wird sein Hauptstrahl den Achsenstrahl gb bilden. Da aber gb auf der durch b und

Fig. 221.



und bd auf der durch d gelegten Tangente senkrecht steht, so geht der Hauptstrahl gb ohne weitere Ablenkung als $gbdh$ fort. Ein Nebenstrahl gi dagegen wird eine doppelte Brechung, eine an der Vorderfläche der Linse $aibc$ und eine zweite an der Hinterseite $aodc$ erleiden.

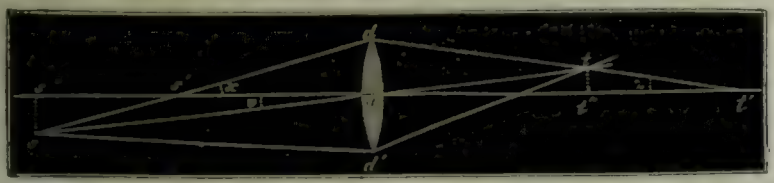
Berührt der Strahl gi die Vorderfläche in dem Punkte i, so sei kl die durch i gelegte Tangente und mn das Einfallsloth, das in i auf kl senkrecht steht. Bricht die Linse stärker, als das Mittel, in dem sich g befindet, so muß der Brechungswinkel nio kleiner, als der Einfallswinkel gim sein. Der Strahl wird daher in io innerhalb der Linsenmasse fortgehen. Legen wir wiederum die Tangente pq in o und errichten das Einfallsloth rs, so ist jetzt der Einfallswinkel ior kleiner, als der Ablenkungswinkel sow, weil der Strahl aus der stärker brechenden Linse in das frühere schwächer ablenkende Mittel zurückkehrt. Ginge gi ungebrochen fort, so würde er sich immer mehr von der Richtung der Linsenachse gh entfernen. Die erste Brechung in i, die ihn nach io umlenkt, führt ihn schon gh näher. Die zweite bei o eintretende Ablenkung wendet ihn noch weiter nach gh, so daß er endlich die Verlängerung der Achse der Linse in dem Punkte w durchschneidet.

Denken wir uns die ganze Fig. 221. um g herumgedreht, so erhalten wir einen von dem Punkte g ausgehenden Lichtkegel vor der Linse, und einen zweiten entsprechend großen, der seine Spitze in w hat, hinter derselben. Die Strahlen, die von dem Punkte g ausgegangen sind, vereinigen sich wieder in w. w bildet daher den Brennpunkt für g. Sie fahren aber wiederum hinter w aus einander. ht ist daher der Halbmesser eines Zerstreuungskreises der von g sich verbreitenden Strahlen. Eben so werden wir einen vorderen Zerstreuungskreis in f erhalten, weil sich hier die Strahlen ow und dw noch nicht vereinigt haben. Da man aber nur dann deutliche Bilder bemerkt, wenn Punkt für Punkt wiedergegeben wird, so folgt von selbst, daß der Brennpunkt w die einzige Stelle liefert, welche dieser Forderung genügen kann.

3345 Liegt der Leuchtpunkt s, Fig. 222., in einer Nebenachse st (§. 3441.), so fällt auch der Brennpunkt in einen Punkt t derselben, der aber an der

entgegengesetzten Seite der Linse liegt. Die gebrochenen Strahlen dt und $d't$ entsprechen hier den einfallenden sd und sd'. Errichten wir von s

Fig. 222.



und t aus die Perpendikel ss'' und tt'', so bleiben die Beziehungen die gleichen, als wenn sich der Leuchtpunkt in s'' und der Brennpunkt in t'' befände.

Wie der Punkt s'', Fig. 222., seinen Brennpunkt in t'' hat, so wird auch umgekehrt s'' zum Brennpunkte werden, wenn t'' die Rolle des Leuchtpunktes übernimmt. Aendert s'' seine Entfernung von a, geht z. B. s'' nach s', so muß auch die Stellung von t'' wechseln, t'' rückt nach t'. Man nennt daher zwei Punkte, von denen der eine den Leuchtpunkt und der andere den Brennpunkt darstellen kann, **verbundene** oder **wechselseitige, conjugirte Brennpunkte**. Der Abstand des Brennpunktes von dem optischen Mittelpunkte a der Linse heißt die **Vereinigungsweite**, die **Brennweite** oder die **Focaldistanz**. Sie ist daher at für s, at'' für s'' und as'' für t''. Anhang Nr. 133.

Wird die Entfernung $s''a$, Fig. 222., unendlich groß, so daß man 3446
die einfallenden Strahlen als parallel, wie es Fig. 223. zeigt, ansehen kann (§. 3399.), so vereinigen sie sich in einem Punkte F, den man den **Hauptbrennpunkt** der Linse nennt. Liegt umgekehrt der Leuchtpunkt in dem Hauptbrennpunkte F, so treten die Strahlen sowohl unter sich, als mit der Achse parallel, zur Linse heraus. Es ergiebt sich daher von selbst, daß der Hauptbrennpunkt keinen verbundenen Brennpunkt besitzt.

Fig. 223.

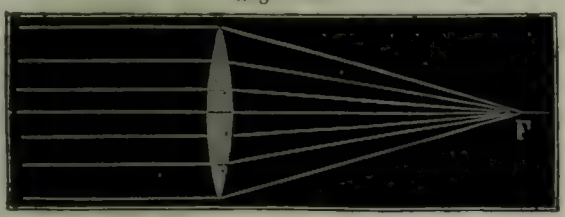
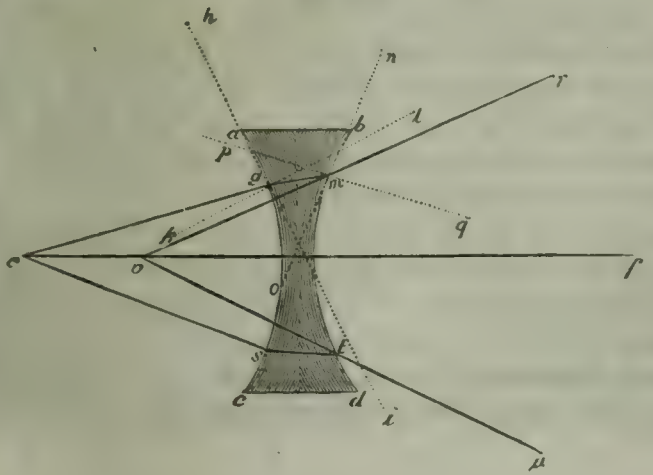


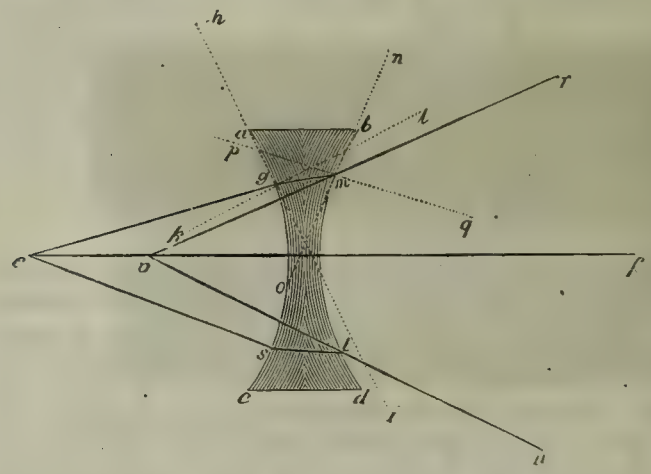
Fig. 224.



Untersuchen wir 3447
die Verhältnisse, wie sie sich für eine doppelt concave stärker brechende Masse $abcd$, Fig. 224., darstellen, so sei wiederum ef die Achse derselben und e der in ihr liegende leuchtende Punkt. Der Hauptstrahl wird als Achsenstrahl evf ungebro-

chen durchgehen. Der Seitenstrahl eg dagegen berührt den Punkt g des ausgehöhlten Ablenkungskörpers. Ist hi die durch g gelegte Tangente und kl das Einfallsloth, so gleicht egk dem größeren Einfalls- und lgm dem kleineren Brechungswinkel. Der Strahl durchläuft daher die Linse in der Bahn gm. Bildet wiederum no die Tangente für m, und pq das Einfallsloth, so haben wir jetzt den kleineren Einfallswinkel gmp und den größeren Ablenkungswinkel qmr. Der Strahl läuft also in der Richtung mr weiter.

Fig. 225.



Man sieht bald, daß die Verhältnisse, welchen wir hier begegnen, denen der doppelt converen Linsen gerade entgegengesetzt sind. Der von e nach g gehende Strahl entfernt sich immer mehr von der Linsenachse evf. Die erste Brechung lenkt ihn weiter in gm und die zweite noch weiter in mr ab. mr und ef können sich nie hinter der Linse treffen. Ihr Durchschnittspunkt v, der dem Brennpunkte entspricht, liegt vor der Linse oder an derselben Seite, an der sich der Lichtpunkt befindet. Ein anderer Strahl es, der unter dem gleichen Winkel von der Achse ef abgeht, verläuft in ähnlicher Weise in $estu$ und hat ebenfalls seinen Durchschnittspunkt in v.

3448 Betrachten wir die Linse als die trennende Scheidewand, so ist der Brennpunkt reell, wenn er an der entgegengesetzten, und virtuell, wenn er an derselben Seite, wie der Leuchtpunkt, liegt. Die doppelt converen Linsen haben daher reelle und die doppelt concaven virtuelle Brennpunkte. Die für die Linsen giltige Grundformel lehrt ferner, daß sich die planconveren und convex-concaven Menisci wie jene ersteren Linsenarten, die planconcaven und die concav-converen dagegen, wie die letzteren verhalten. Es erklärt sich hieraus, weshalb man die sechs möglichen sphärischen Linsengestalten in zwei Classen theilt, von denen die eine drei verschiedene Arten von Sammellinsen und die andere drei Gattungen von Zerstreuungslinsen umfaßt (§. 3438.).

Anhang Nr. 133. Gleichungen Nr. 11, 14 u 15.

3449 Die Gleichung, welche den Werth der Vereinigungsweite bestimmt, enthält eine Reihe von summatorischen Gliedern. Diejenigen von ihnen, die nur von dem Brechungsverhältnisse und den Krümmungshalbmessern abhängen, sind mit keinen höheren Potenzen verbunden. Die dagegen, in denen die Dicke der Linse vorkommt, führen quadratische oder selbst noch höhere Potenzen. Man sieht daher, daß sich die Rechnung um Vieles

Anhang Nr. 133. Gleich. 10.

Anhang Nr. 133. Gleich. Nr. 13.

vereinfacht, wenn man die Dicke der Linse ohne erheblichen Fehler vernachlässigen kann. Da man nun möglichst große Krümmungshalbmesser für die gewöhnlichen Gläser wählt, so bedient man sich auch häufig dieses abgekürzten Verfahrens. Wir werden es ebenfalls in der Folge bei der Betrachtung der Brillen gebrauchen. Besitzen dagegen die Halbmesser keine bedeutende Größe im Verhältniß zur Linsendicke, so muß man die mühsameren Formeln den Betrachtungen zum Grunde legen. Es wird sich später finden, daß wir diesen beschwerlicheren Weg für die Bestimmung der Vereinigungsweite des menschlichen Auges und der daran sich knüpfenden Fragen vorzuziehen genöthigt sind.

Befindet sich der Leuchtpunkt in einer endlichen Entfernung, so muß 3450
auch dieser Abstand in Rechnung gebracht werden. Wird er aber unendlich groß, d. h. betrachtet man parallele Strahlen, so fällt wiederum ein Bedingungsglied hinweg. Kennt man dann nur das Ablenkungsverhältniß und die beiden Krümmungshalbmesser, so ergiebt sich die Hauptbrennweite aus einfacheren Formeln, man mag die Dicke der Linse in Betracht ziehen oder nicht. Anhang Nr. 133, Gleich. Nr. 11 und 13

Nennen wir die Brennweite α, so ist es bequemer, wenn man die 3451
optischen Gleichungen nicht für α, sondern für $\frac{1}{\alpha}$ bestimmt, weil sich dann die Veränderungen für unendliche Entfernungen leichter übersehen lassen. Wir wollen der Kürze wegen die Größe, welche auf diese Weise 1 zum Zähler und einen gewissen Werth zum Nenner hat, als Einheitsbruch dieses Werthes bezeichnen.

Vernachlässigt man die Dicke einer biconveren Linse, so ergiebt sich 3452
aus der Hauptformel, daß die Summe der Einheitsbrüche der wechselseitigen Brennweiten der Summe der Einheitsbrüche der beiden Krümmungshalbmesser multiplicirt mit dem um 1 verminderten Brechungsverhältnisse gleicht. Der letztere Werth liefert aber den Einheitsbruch der Hauptbrennweite, wenn die Strahlen parallel werden. Haben die beiden Krümmungshalbmesser dieselbe Größe, so gleicht die Hauptbrennweite dem Krümmungshalbmesser getheilt durch den doppelten Werth der um 1 verminderten Ablenkungscoefficienten. Anhang Nr. 133, Gleich Nr 12 und 13. Anhang Nr. 133. Gleich. Nr. 16.

Man kann im Allgemeinen annehmen, daß der Brechungscoefficient 3453
des Glases nicht weit von 1,5 abweicht. Der um 1 verminderte Ablenkungsinder beträgt daher $\frac{1}{2}$. Die Hauptbrennweite einer biconveren oder biconcaven Glaslinse entspricht dann dem gleichen Krümmungshalbmesser der beiden Flächen.

Es kann bei sphärischen Brillengläsern vorkommen, daß man den 3454
Krümmungshalbmesser aus dem Hauptbrennpunkte wenigstens annähernd bestimmen will. Man sieht leicht, daß dieses am einfachsten möglich wird, wenn die beiden Krümmungen unter sich gleich sind (§. 3453.). Ist dieses nicht der Fall, so muß man wenigstens den einen Krümmungshalbmesser kennen, um den anderen zu berechnen. Nehmen wir wieder $n - 1 = \frac{1}{2}$ an, so gleicht der Einheitsbruch des gesuchten doppelten Halbmessers oder der des Durchmessers des Krümmungskreises dem Ein-

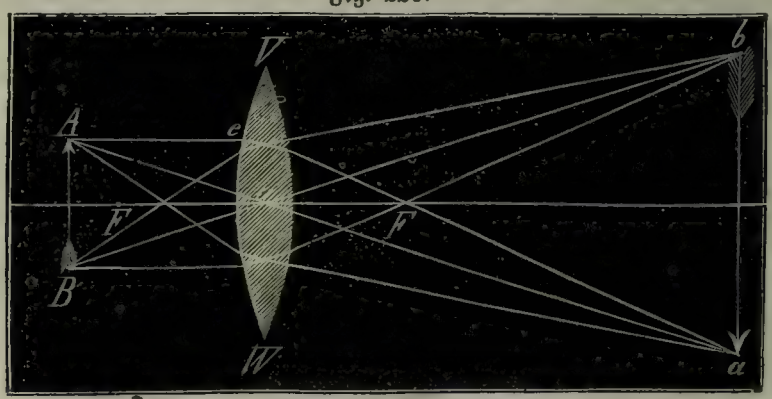
Anhang Nr. 113. Gleich. Nr. 13. heitsbruche der Hauptbrennweite minus dem des bekannten Krümmungsdurchmessers.

3455 Kennt man zwei wechselseitige Brennpunkte und die beiden Krümmungshalbmesser einer biconveren Linse, die aus einer gewissen Masse verfertigt ist, so kann man hieraus das Brechungsverhältniß von dieser Anhang Nr. 113. Gleich. Nr. 18. bestimmen. Der um die Einheit verminderte Ablenkungscoefficient gleicht dann der Summe der Einheitsbrüche der wechselseitigen Brennpunkte getheilt durch die Summe der Einheitsbrüche der Krümmungshalbmesser. Anhang Nr. 113. Gleich. Nr. 19. Wählt man parallele Strahlen, so vereinfacht sich der Ausdruck dahin, daß der um 1 verminderte Ablenkungscoefficient gefunden wird, wenn man den Einheitsbruch der Hauptbrennweite mit einem Bruche multiplicirt, dessen Zähler das Product und dessen Nenner die Summe der beiden Krümmungshalbmesser ist. Werden endlich die beiden Krümmungshalbmesser gleich, so erhält man den Ablenkungscoefficienten, wenn man den Anhang Nr. 113. Gleich. Nr. 20. Krümmungshalbmesser durch das Doppelte der Hauptbrennweite theilt und 1 hinzufügt. Wir werden in der Folge sehen, daß einzelne Forscher diese Regeln gebrauchten, um die Brechungsverhältnisse mancher Theile des Auges zu ermitteln.

3456 Betrachten wir die Bilder, welche biconvere Linsen liefern, so sind wir im Stande, uns im Wesentlichen desselben Verfahrens, das wir schon für die Verhältnisse der Spiegel gebraucht haben (§. 3415.), zu bedienen. Man kann das Gleiche auf die übrigen Formen der sphärischen Linsen mit den nöthigen Veränderungen, die bei einigem Nachdenken bald gefunden sind, anwenden.

3457 Gesetzt VW, Fig. 226., sei die doppelt convexe Linse und AB ein

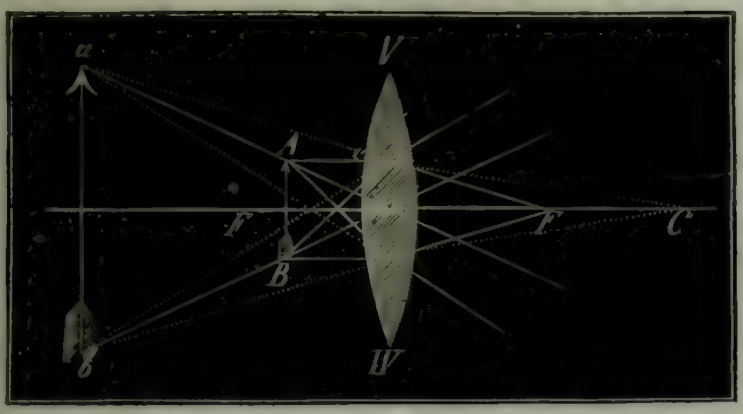
Fig. 226.



Gegenstand, der nur centrale Strahlen entläßt und jenseit des einen Hauptbrennpunktes F liegt, so muß der Hauptstrahl AOa den optischen Mittelpunkt O der Linse durchsetzen und den wechselseitigen Brennpunkt in einem Orte seiner Bahn aufnehmen. Ein Seitenstrahl Ae, der der Linsenachse FOF parallel ist, wird durch den Hauptbrennpunkt F gehen und die Nebenachse AOa in a schneiden. a bildet daher den wechselseitigen Brennpunkt für A (§. 3445.). Da nun b in demselben Verhältnisse zu B steht, so folgt, daß ein Gegenstand AB oder ab, der jenseit des Hauptbrennpunktes F liegt, ein umgekehrtes reelles Bild liefern muß.

Betrachten wir aber den Fall, in dem der Gegenstand AB, Fig. 227., 3458
zwischen dem Hauptbrennpunkte F und der biconvexen Linse VW liegt,

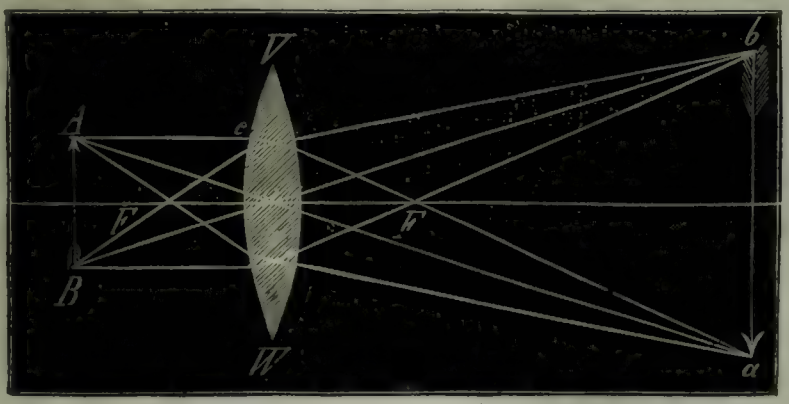
Fig. 227.



so geht die Richtung des Hauptstrahles in AO dahin. Ein der Achse parralleler Strahl Ae muß so gebrochen werden, daß er durch den entgegengesetzten Hauptbrennpunkt F verläuft. Seine Richtung und die des Hauptstrahles AO durchschneiden sich aber nicht hinter, sondern vor der Linse in a. Wir erhalten daher hier ein virtuelles aufrechtes Bild ab, das weiter, als der Gegenstand von der Linse absteht. Denken wir uns, das Auge eines Menschen befinde sich jenseit der Linse, an einem Orte der Achse OFC, so wird es das Bild vergrößert, als ab, erblicken. Der Gebrauch der einfachen Lupen beruht auf diesem Verfahren. Wir nähern die Linse so sehr, daß der Gegenstand AB zwischen ihr und ihrer Hauptbrennweite zu stehen kommt und erblicken dann das virtuelle vergrößerte Bild ab in Lagenbeziehungen, die denen des Gegenstandes AB entsprechen. ab wird um so kleiner, je mehr sich AB der Linse VW nähert. Anhang Nr. 132. Schluß

Kehren wir wiederum zu dem Falle, in dem sich der Gegenstand AB, 3459
Fig. 228., jenseit des Hauptbrennpunktes F befindet, zurück, so haben

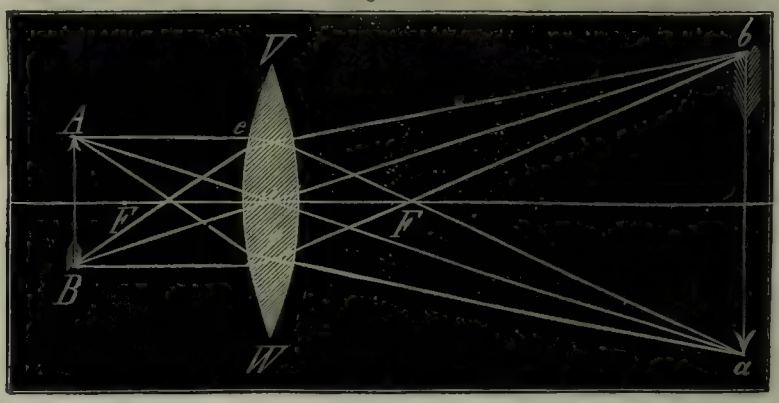
Fig. 228.



wir zwar immer ein reelles umgekehrtes Bild. Fig. 228. zeigt uns aber unmittelbar, daß es von dem Abstande von F abhängt, ob wir zugleich einer Vergrößerung oder einer Verkleinerung begegnen. AB wird natür-

lich in seiner wahren Größe erscheinen, wenn die Punkte *A* und *B* eben
Anhang Nr. 133, Gleich. Nr. 17. so weit von der Linse als *a* und *b* abstehen. Die optischen Formeln lehren aber, daß dieser Bedingung Genüge geleistet wird, wenn *AB* oder

Fig. 229.



ab um das Doppelte der Hauptbrennweite von der Linse entfernt liegt. Befindet sich daher der Gegenstand *AB* zwischen der einfachen und der
Anhang Nr. 133. Schluß. doppelten Brennweite, so ist das reelle umgekehrte Bild vergrößert. Es nimmt um so mehr an Umfang zu, je näher *AB* dem Hauptbrennpunkte *F* rückt. Der Lichtpunkt, der in *F* selbst liegt, giebt zuletzt parallele Strahlen und kein Bild eines Punktes. Befindet sich aber der Gegenstand *ab* jenseit der doppelten Hauptbrennweite, so wird das Bild *AB* verkleinert ausfallen. Es muß um so mehr an Umfang verlieren, je weiter sich *AB* von *VW* entfernt. Würden endlich alle zwischen *a* und *b* ausgehenden Strahlen parallel, so müßten sie sich in *F* sammeln. Man erhielte hier einen Punkt statt der Ausdehnung *ab*.

Das Objectiv *b*, Fig. 230., des rein dioptrischen zusammengesetzten Mikroskopes liefert solche umgekehrte und vergrößerte Bilder des untersuchten kleinen Gegenstandes. — Man betrachtet sie dann mit deren Ocular *c*, wie mit einer Lupe. Es wird daher zu rechts oder vorn, was in der Wirklichkeit links oder hinten ist, und umgekehrt.

Fig. 230.

Fig. 231.

3460

Wir haben bis jetzt nur Linsen von gleichartiger Massenbeschaffenheit berücksichtigt. Es kann aber auch der Fall vorkommen, daß ein Brechungskörper zwiebelartig, wie es Fig. 231. andeutet, geschichtet ist. Bietet ein Linsen-

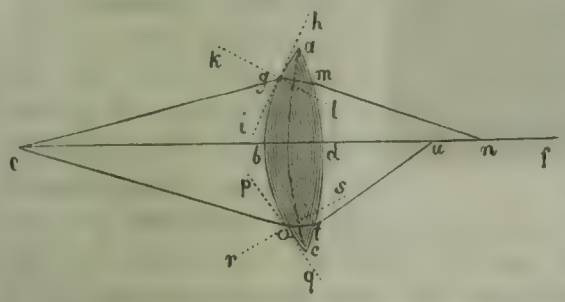
system einen Bau der Art dar, so spricht man von polygonalen oder geschichteten Linsen. Buffon beschäftigte sich schon mit ihnen im vorigen Jahrhundert. Fresnel wandte sie für die Leuchtthürme an. Er gab ihnen zu diesem Zwecke ungleiche, nicht sphärische Krümmungen. Die der einzelnen Schalen waren aber so berechnet, daß alle einen gemeinschaftlichen Brennpunkt hatten. Das Licht des Leuchtthurmes steht so sehr als möglich in diesem Brennpunkte. Die Strahlen treten daher nahebei parallel aus. Da aber die Abnahme der Lichtstärke in großen Entfernungen von der Divergenz der Strahlen wesentlich abhängt, so gewinnt man auf diese Weise an Leuchtkraft für größere Abstände.

Die Hornhaut, der Glaskörper und vorzüglich die Krystallinse bilden solche 3461
geschichtete Ablenkungsmassen. Wir wollen daher den einfachsten Fall, in dem die gleichgekrümmten Lagen sphärisch und concentrisch sind, näher betrachten.

Da *a* (Fig. 231.) einen kleineren Krümmungshalbmesser als *b*, *b* ei- 3462
nen kleineren als *c* hat u. s. f., so ergiebt sich von selbst, daß die Krümmungen von außen nach innen zunehmen. Das Brechungsverhältniß kann aber in den einzelnen Schichten *a*, *b*, *c*, *d* u. s. w. wechseln. Wir wollen hier nur den für das Auge anwendbaren Fall, in welchem das Brechungsverhältniß von außen nach innen, von *f* nach *a* der Reihe nach zunimmt, betrachten. Soll uns der Einfluß, den die Schichtung und die von außen nach innen wachsende Ablenkung ausübt, klar werden, so müssen wir zunächst einige Grundverhältnisse der sphärischen Abweichung der Linsen (§. 3442.) kennen lernen.

Nehmen wir an, *abcd*, Fig. 232., sei eine Linse, zu welcher nicht 3463
centrale Strahlen gelangen, *ef* die Achse und *e* ein in ihr befindlicher Leuchtpunkt, *eg* ein Strahl, der näher zur Achse *ef*, als *eo* einfällt, so daß der Winkel *geb* kleiner, als der Winkel *oeb* ist, so wird auch der Einfallswinkel *egk* kleiner, Anhang Nr. 134. als der Einfallswinkel *eor* sein. Es läßt sich nun beweisen, daß sowohl der erste gebrochene Strahl *gm*, als der zweite *mn* weniger gegen die Achse *ef* geneigt ist, als die zweiten gebrochenen Strahlen *ot* und *tu*. Der Leuchtpunkt *e* hat daher eine größere wechselseitige Brennweite, wenn sein Strahl als *eg*, d. h. näher zur Achse *ef* oder unter einem kleineren Ausgangswinkel auffällt und umgekehrt. Die Vergrößerung der Oeffnung verkürzt daher die Brennweite. Sie wirkt so, als wenn sich der Leuchtpunkt *e* weiter von der Linse *abcd* entfernt hätte.

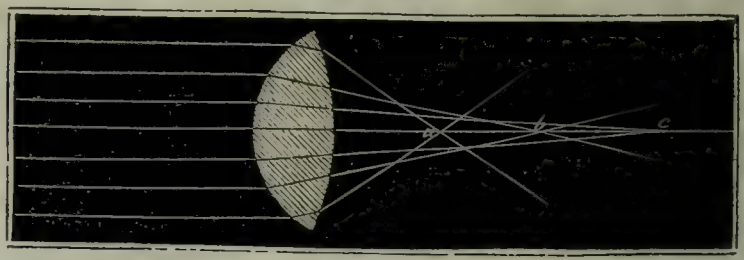
Fig. 232.



Parallele Strahlen bieten die gleiche Grunderscheinung dar. Die, welche 3464
weiter von der Achse auffallen, haben ihren Vereinigungspunkt in *a*, Fig. 233. auf folg. Seite, die näheren in *b* und die noch näheren in *c*. Die Vergrößerung der Oeffnung bewirkt aber in beiden Fällen, daß sich die Strahlen, die ungleich weit von der einen Seite der Achse und über ihr

einfallen, an ungleichen Punkten unter der Achse hinter der Linse durch-

Fig. 233.

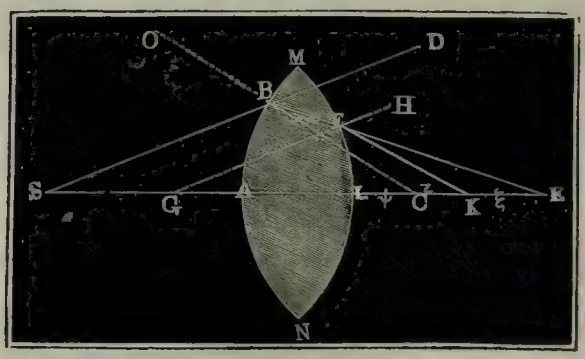


schneiden. Diese Durchschnittspunkte geben eine Curve, die man mit dem Namen der dioptrischen Brennlinie oder der diakaustischen Linie bezeichnet.

3465 Jede Linse bietet eine sphärische Abweichung dar, so wie nur die Strahlen in einer merklichen Entfernung von der Achse auffallen. Wir haben aber schon früher (§. 3409.) gesehen, daß dieser Fehler für centrale Strahlen nicht berücksichtigt zu werden braucht, weil hier der Oeffnungswinkel der Linse als verschwindend klein betrachtet werden kann. Die sphärische Abweichung wird sich aber für jeden nicht centralen Strahl bemerklich machen.

3466 Wir wollen nun untersuchen, von welchen Bedingungsgliedern sie abhängt. Ist SE, Fig. 234., die Centrallinie der Linse $MANL$, C der

Fig. 234.



Krümmungsmittelpunkt der Vorderfläche $MBAN$ und G der der Hinterfläche $MFLN$, endlich S ein Leuchtpunkt, der den Strahl SB entläßt, so kann man beweisen, daß der Winkel DBC, den der Halbmesser BC mit der Verlängerung BD des Strahles SB einschließt, dem ersten Einfallswinkel gleicht. Man braucht sich nur zu erinnern, daß der Halbmesser BC auf der durch B gelegten Tangente senkrecht steht und daß mithin OC das Einfallsloth ist (§. 3404.). FBC giebt den ersten Brechungswinkel. Eben so entspricht BFG dem zweiten Einfalls- und HFK dem zweiten Ablenkungswinkel. Der wechselseitige Brennpunkt liegt daher in E für die erste und in K für die erste und die zweite Brechung zusammengenommen. Befindet sich dasselbe Mittel vor und hinter der Linse und nennen wir den verhältnißmäßigen Brechungscoefficienten von dieser n, so haben wir für B den Werth n und für F den $\frac{1}{n}$.

Der erste Einfallswinkel $DBC=(\psi+BSC)$ hängt von den Größen SC, BC und ψ oder, da $AC=BC$, von dem Abstande des Leuchtpunktes SA, dem ersten Krümmungshalbmesser BC und dem Oeffnungswinkel ψ ab. Es wird mithin der erste Brechungswinkel oder die Bahn BE von jenen drei Gliedern und dem Brechungsverhältniß bestimmt.

Der zweite Einfallswinkel muß sich nach dem ersten Brechungswinkel FBC, dem zweiten Krümmungshalbmesser FG und der Länge des Weges BF richten. BF selbst wird aber durch den früheren Brechungswinkel FBC und die Dicke der Linse AL bestimmt. Diese letztere hängt von den beiden Krümmungshalbmessern BC und FG und dem gegenseitigen Abstande der beiden Mittelpunkte GC ab. Der zweite Brechungswinkel hat dieselben Bedingungsglieder im Verhältniß zum zweiten Einfallswinkel, wie der erste Ablenkungs- zum ersten Einfallswinkel.

Die Vereinigungsweite LK hängt von dem gemeinschaftlichen Einflusse der beiden Brechungen ab. Stellen wir uns ihre Bedingungsglieder, wie wir sie eben gefunden haben, zusammen, so erhalten wir: 1) die Oeffnung der Linse ψ. 2) Den Abstand des in der Achse befindlichen Leuchtpunktes SA. 3) Die beiden Krümmungshalbmesser BC und FG. 4) Den Brechungscoefficienten n und endlich 5) die gegenseitige Entfernung der beiden Krümmungsmittelpunkte GC.

Vergrößert sich der Abstand des Leuchtpunktes, so bleiben natürlich 3467
dessenungeachtet die Werthe der Krümmungshalbmesser, der gegenseitigen Entfernung der Mittelpunkte und das Brechungsverhältniß die gleichen. Soll die Vereinigungsweite dieselbe sein, so muß eine andere Oeffnungsweite in Anspruch genommen werden. Eben so wird umgekehrt jeder Wechsel der Oeffnung die Vereinigungsweite ändern.

Die beiden Krümmungen, die eine irgendwie gestaltete Linse besitzt, 3468
können sich in Betreff der sphärischen Abweichung unterstützen oder ausgleichen. Diese wird sich in dem ersten Falle vergrößern und in dem letzten verkleinern. Bietet eine Linse eine möglichst geringe Kugelabweichung für ihre größte Oeffnung dar, so heißt sie eine Linse von bester Form. Da hier die Oeffnung eine beständige Größe ist, so muß natürlich auch die Entfernung des Leuchtpunktes unveränderlich sein. Man wird schon hieraus ersehen, wie jede Linse von bester Form diese Eigenschaft nur für eine bestimmte Entfernung des Leuchtpunktes besitzt. Kommt ihr der Vorzug für parallele Strahlen zu, so verliert sie ihn, so wie der Leuchtpunkt in einer endlichen Entfernung liegt. Hat sie ihn für einen bestimmten Abstand, so besitzt sie ihn weder für einen anderen, noch für parallele Strahlen.

Vernachlässigt man die Dicke der Linse, so fällt auch das eine Glied, 3469
der gegenseitige Abstand der Krümmungsmittelpunkte aus der Betrachtung hinweg. Es bleiben daher nur die sich gegenseitig bedingenden Werthe der Oeffnung der Linse und der Entfernung des Leuchtpunktes, so wie die beständigen Größen der beiden Krümmungshalbmesser und des Ablenkungsverhältnisses zurück. Die drei letzteren unveränderlichen Factoren bestimmen aber die Brennweite der Linse. Wir haben daher nur die Oeffnung und die wechselseitigen Brennweiten zu berücksichtigen.

Die Formeln, welche die Analyse ergiebt, lehren, daß die Längen- 3470
abweichung wegen der Kugelgestalt mit dem Quadrate der Oeffnung und umgekehrt, wie die Brennweite wächst. Der Durchmesser des Abweichungskreises vergrößert sich mit dem Cubus der Oeffnung und entgegengesetzt, wie das Quadrat der Brennweite. Anhang Nr. 134. Gleich Nr. 1. u. Nr. 2.

3471 Lassen wir die Dicke außer Acht, so werden wir eine Linse von bester Form verfertigen können, wenn uns das zweckmäßigste Verhältniß der beiden Krümmungshalbmesser bekannt ist. Es ergiebt sich aber aus dem Früheren, daß wir hierzu den Brechungscoefficienten und zwei wechselseitige Brennweiten nöthig haben.

3472 Berücksichtigt man nur parallele Strahlen, so daß die eine Brennweite hinwegfällt und die andere in die Hauptbrennweite übergeht, so vereinfacht sich die Gleichung für die beste Linsenform in hohem Grade. Es fällt selbst der Werth der Hauptbrennweite gänzlich weg. Man hat nur die Beziehung der beiden Krümmungshalbmesser auf der einen und gewisse Factoren der Brechungsverhältnisses auf der anderen Seite.

Anhang Nr. 134. Gleich. Nr. 3 u. Nr. 4.

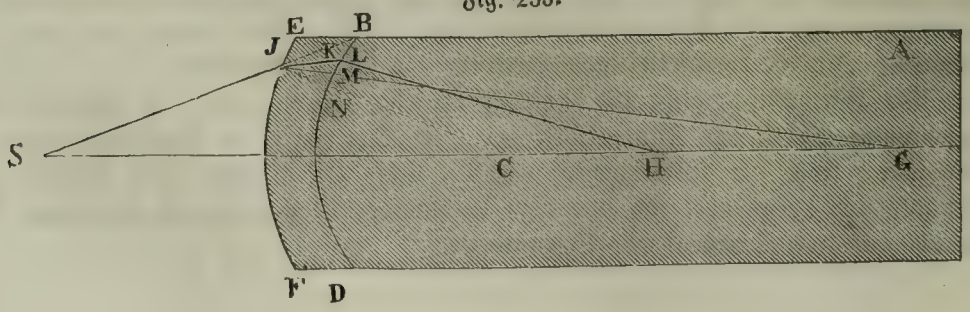
3473 Nehmen wir an, dieses gleiche für Glas 1,53, so erhalten wir eine Linse von bester Form für parallele Strahlen, wenn sich der Krümmungshalbmesser der Vorderfläche zu der der Hinterfläche, wie 1:7,32 verhält. Betrüge der Brechungsinder 1,47, so fänden wir 1:5,06. Wir werden in der Folge diesen zweiten Werth für die Betrachtung der Krystalllinse des Menschen gebrauchen können.

3474 Kehren wir zu den Eigenschaften der geschichteten Linsen, deren Brechungsverhältniß von außen nach dem Kerne stetig zunimmt, zurück, so führt die Betrachtung derselben zu Untersuchungen, welche schon die Astronomen der atmosphärischen Strahlenbrechung wegen anstellten. Denken wir uns die Luft als eine geschichtete, um die Erde herumgehende und mit ihr concentrische Kugelschale, so wird die Dichtigkeit und mithin auch der Brechungscoefficient der einzelnen Lagen, wenn auch nicht gleichförmig, wie viele Optiker glauben, doch wenigstens immer fort zunehmen. Ein Stern, der im Zenith des Beobachters steht, erscheint an seinem wahren Orte, weil sein Richtungsstrahl mit dem Einfallsloth der Kugelschalen zusammenfällt. Die Strahlen dagegen, die von jedem anderen Gestirne kommen, werden um so mehr abgelenkt, je näher sie dem Horizonte liegen. Sie beschreiben eine krumme Linie, deren Converität gegen den Zenith gerichtet ist. Die Sterne, von denen sie kommen, scheinen daher höher zu stehen. Die mathematische Betrachtung dieser Verhältnisse hatte auch schon den Hauptsatz, auf den sich die Untersuchung der geschichteten Linsen stützt, kennen gelehrt.

Anhang Nr. 135.

3475 Wollen wir uns den vorzüglichsten Vortheil, der sich durch sie erreichen läßt, ohne weitere mathematische Deduction anschaulich machen, so verfahren wir am einfachsten, wenn wir annehmen, *A*, Fig. 235., sei ein Mittel, das den Brechungscoefficienten *n* und vorn den Krüm-

Fig. 235.



mungshalbmesser CN hat. Die Kugelschicht $BDFE$, die sich unmittelbar vor ihm befindet, besitzt das kleinere Ablenkungsverhältniß $n-b$, den größeren Krümmungshalbmesser CJ und den gleichen Krümmungsmittelpunkt C. Ist SG die Achse und SJ ein von S ausgehender Strahl, so gleicht KJC dem Einfallswinkel und CJ dem Einfallslothe. Der kleinere Brechungscoefficient $n-b$ möge nun bewirken, daß der Strahl SJ in JL weiter geht.

Hätte die vordere Kugelschale $BDFE$ das größere Ablenkungsverhältniß n, so würde sich der gebrochene Strahl dem Einfallslothe CJ in höherem Maaße nähern und in JM dahingehen. Da sich der Ablenkungscoefficient nicht weiter ändert, so müßte er in der Verlängerung von JM ferner verlaufen und die Achse SG in G schneiden.

Der Strahl, der durch die schwächer brechende Kugelschale gegangen ist, trifft aber die Krümmungsfläche BND weiter von der Achse entfernt oder unter einer größeren Oeffnung, nämlich in L statt in M. Er muß daher nach §. 3463. die Achse früher, in H, schneiden. Die Schichtung mit wachsendem Brechungsverhältnissen hat daher die wechselseitigen Brennpunkte S und H näher gebracht, als wenn die Masse gleichförmig gewesen wäre und durchgängig das höhere Brechungsverhältniß n gehabt hätte. Der Grund dieser scheinbar auffallenden Thatsache liegt aber nur darin, daß die schwächere Ablenkung der ersten Kugelschale eine größere Oeffnung für die zweite stärkere Krümmungsfläche herbeiführte und daher die gemeinschaftliche Wirkung ihres höheren Ablenkungsverhältnisses und ihrer Krümmungshalbmesser noch mehr vergrößerte.

Es läßt sich schon mit Hilfe der ebenen Trigonometrie nach Schläfli 3476
beweisen, daß das Gleiche für eine geschichtete Linse, deren Brechungs- Anhang Nr. 135.
verhältniß von der Oberfläche nach dem unendlich kleinen Kern hin zunimmt, der Fall ist. Sie hat ebenfalls eine nähere Brennweite, als eine gleichartige Linse von derselben Form und Größe, deren Brechungsverhältniß dem höchsten Werthe der geschichteten, nämlich dem des Kernes gleicht. Soll aber die Brennweite einer gleichartigen Linse kürzer werden, so muß sich das Brechungsverhältniß oder die Oeffnung vergrößern. Nehmen wir daher zwei Linsen von derselben Form und Größe, von denen die eine gleichartig ist, das Brechungsverhältniß n überall besitzt, die andere dagegen einen concentrisch geschichteten Bau und ein von außen nach der Mitte von $n-b$ bis n stetig steigendes Brechungsverhältniß darbietet, so müßte sich noch das Brechungsverhältniß der ersteren von n auf $n+x$ erhöhen, wenn beide übereinstimmen sollten.

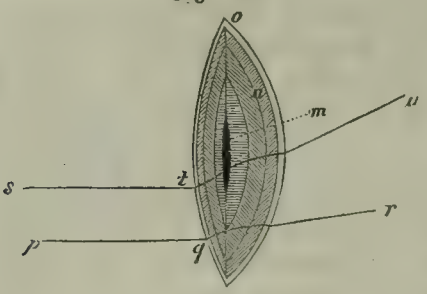
Will man die allgemeine Formel für die Vereinigungsweite einer 3477
geschichteten Linse finden, so muß man die ganze Frage, wie Schläfli es gethan, auf dem Wege der höheren Analyse zu ermitteln suchen. Man erhält dann eine Gleichung, in der die beiden Krümmungshalbmesser der äußersten, am schwächsten ablenkenden Linsenschicht und die des Kernes, so wie die Brechungscoefficienten von dieser und jener als Bedingungsglieder auftreten. Sucht man das höhere Brechungsverhältniß, das einer gleichartigen Linse von derselben Form und Größe entsprechen würde, so

Anhang Nr. 135. Gleich. Nr. 1. muß man vorerst die Vereinigungsweite, die den beiden Oberflächen der ganzen Linse und dem schwächeren Brechungscoefficienten der äußersten Schicht angehört, auffinden. Hat man diese längste Vereinigungsweite, so ergiebt sich der gesuchte Brechungscoefficient der gleichartigen Linse von derselben Form und Größe aus einer quadratischen Gleichung, in

Anhang Nr. 135. Gleich. Nr. 2. der jene längste Vereinigungsweite der Oberfläche der geschichteten Linse und die vier Krümmungshalbmesser der äußersten Begrenzungen und des Kernes der Linse auftreten. Wir werden auf diesen Punkt bei der Betrachtung der Krystalllinse des Auges zurückkommen.

3478 Wir können uns jetzt den Hauptnutzen der Schichtung begreiflich machen. Denken wir uns, Fig. 236. stelle uns eine gleichartige Linse und st und pq nicht centrale Strahlen, die divergent auffallen, vor, so wird qr die Achse früher schneiden, als tu. Wir werden auf diese Weise eine gewisse sphärische Abweichung erhalten. Ist dagegen die Linse geschichtet und nimmt das Brechungsverhältniß von dem Kern m nach der Oberfläche hin ab, so geht der entferntere Strahl pq durch Lagen von geringerem, und der näheren st durch solche von stärkerem Brechungsvermögen. Es ergiebt sich von selbst, daß dieses Verhältniß die Längenabweichung, die für die gleichartige Linse von derselben Form und Größe auftritt, vermindern kann, d. h. die Oeffnungsgrenze, bei welcher die Strahlen noch als centrale gelten, erweitert sich für die geschichtete im Verhältniß zu der gleichartigen Linse.

Fig. 236.



3479 Der Oeffnungswinkel einer gewöhnlichen Glaslinse darf kaum 10 bis 12° oder höchstens 15° überschreiten, wenn die Randstrahlen keine wesentlichen Störungen verursachen sollen. Die früher (§. 3460.) erwähnten polyzonalen Linsen von Fresnel, die auch Mallet[1]) für Eisenbahnsignale gebrauchte, vertragen in dieser Hinsicht 40°. Wir werden finden, daß die Krystalllinse diesen Werth noch überschreitet.

3480 Fassen wir das Ergebniß dieser Untersuchungen zusammen, so können wir die Vortheile einer geschichteten Linse, deren Brechungsverhältniß von außen bis zu einem unendlich kleinen Kerne stetig zunimmt, auf drei verschiedene Gesichtspunkte zurückführen:

1) Soll die geschichtete Linse in ihrer Vereinigungsweite mit einer gleichartigen von derselben Form und Größe übereinstimmen, so muß diese ein höheres Brechungsverhältniß als der Kern oder ein bedeutendereres, als überhaupt in den einzelnen Lagen der geschichteten Linse vorkommt, besitzen.

2) Da man die Einflüsse der Schichtung als eine Erweiterung der Oeffnungsverhältnisse auffassen kann, so macht es eine geschichtete Linse

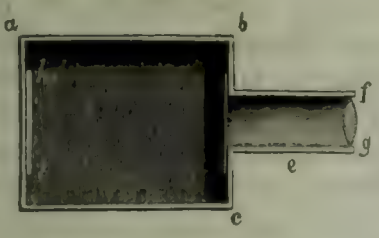
[1]) Mallet, in Dingler's polytechnischem Journal. Bd. 34. Stuttgart, 1844. S. 354.

möglich, daß man verhältnißmäßig kleinere Krümmungshalbmesser für sie auszuwählen vermag, ohne daß die Abweichung wegen der Kugelgestalt störend eingreift.

3) Ein Leuchtpunkt, der mit einer Linse von verhältnißmäßig größerer Oeffnung verbunden ist, kann mehr Strahlen ohne Nachtheil durch sie hindurchtreten lassen. Es wird auf diese Weise an Helligkeit der Bilder gewonnen.

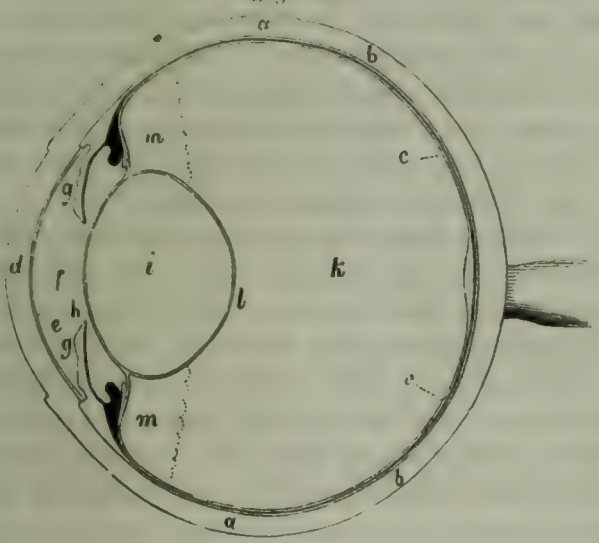
Wir wollen nun noch die sich von selbst ergebenden Erscheinungen 3481
der dunklen Kammer betrachten, weil uns diese unmittelbar zu dem Auge überführen. Nehmen wir an, *fg*, Fig. 237., sei eine doppelt convere Glaslinse, und *hi* eine matte, in dem Kasten *abcd* eingeschlossene Glastafel, so wird sich ein äußerer Gegenstand, der jenseit der doppelten Brennweite von *fg* liegt, auf *hi* umgekehrt abspiegeln. Sind die Innenwände des Glaskastens geschwärzt, so muß das Bild, das wir durch eine hinter *hi* angebrachte Oeffnung sehen können, an Schärfe gewinnen, weil alle störenden Seitenstrahlen abgehalten oder aufgesogen werden. Das Auge bildet eine ähnliche dunkle Kammer. Es enthält jedoch eine Reihe von Brechungskörpern vor seiner Spiegelungshaut, damit es ein fortlaufendes Gebilde darstellen und manche andere Vortheile auf diesem Wege erreichen könne.

Fig. 237.



Wie die Wände des Kastens, so begrenzt die undurchsichtige harte 3482
Haut (Sclerotica) *aa*, Fig. 238., alle Stellen, durch die keine Lichtstrahlen dringen sollen. Die Aderhaut (Choroidea) *b* liefert die Schwärzung. Sie befindet sich hinter der Netzhaut (Retina) *c*, auf der sich das Bild abspiegeln muß. Die Hornhaut (Cornea) *d* und die Haut der wässerigen Feuchtigkeit (Membrana Demoursii) *e* bilden zusammen die erste, und die wässerige Feuchtigkeit *f* die zweite conver-concave Linse. Die Krystalllinse (Lens crystallina) *i* und die Linsenkapsel (Capsula lentis) *l* stellen das dritte und zwar ein doppelt converes Brechungsmittel dar. Der Glaskörper (Corpus vitreum) *k* endlich gleicht einer concav-converen Linse, die hinten an die Spiegelungsfläche, die Netzhaut, grenzt. Wir haben daher hier vier Hauptlinsen, die gegenseitig so eingerichtet

Fig. 238.



sind, daß die Vereinigungsweite der gesammten Brechung unmittelbar oder wenigstens nahe hinter der letzten liegen soll. Die Blendungen endlich, die in vielen unserer optischen Werkzeuge vorkommen, fehlen dem Auge ebenfalls nicht. Die von dem Sehloche (Pupilla) *h* durchbohrte Regenbogenhaut (Iris) *gg* versieht diesen Dienst. Die an ihrer Hinterfläche befindliche Traubenhaut vervollständigt die Schwärzung, welche die Aderhaut und das Ciliarsystem für den übrigen inneren Umfang des hinteren Theiles der dunklen Kammer liefern sollen.

3. Wahrnehmung der äußeren Gegenstände.

3483 **Formen der Augenmedien.** — Da die Spiegelungs- und die Brechungsverhältnisse von den Gestalten der Oberflächen, die von den Lichtstrahlen getroffen werden, wesentlich abhängen, so muß die Optik des Auges vor Allem zu ermitteln suchen, welche Krümmungsflächen die einzelnen Gebilde des Sehorgans besitzen. Die Wissenschaft hat in dieser Hinsicht für jetzt keine Ergebnisse, auf die sich mit völliger Sicherheit bauen ließe, geliefert.

3484 Man suchte vor Allem die Verhältnisse der Gesichtswerkzeuge frisch getödteter Thiere und Menschen so genau als möglich zu erforschen. Chossat[1]) brachte das Auge im Ganzen oder die herausgenommene Krystalllinse vor ein Megaskop von Charles, d. h. vor eine doppelt convexe Linse, für welche der Gegenstand jenseit ihres doppelten Hauptbrennpunktes gestellt ist (§. 3459.). Er zeichnete die vergrößerten Umrisse in einer dunklen Kammer. Krause[2]) verfertigte sich passende Durchschnitte frischer, gesunder menschlicher Augen und untersuchte sie unter einem Mikroskope. Beide Forscher maßen dann eine Reihe von Abscissen und Ordinaten und bemühten sich, aus diesen die Krümmungslinien der angenommen oder der wirklich durchgeführten Durchschnitte zu berechnen. Die älteren Versuche, welche in dieser Beziehung von anderen Forschern[3]) angestellt wurden, gestatten bedeutende Fehlerquellen. Sie können daher zu keinen mathematischen Bestimmungen mit Sicherheit gebraucht werden.

3485 Soll eine Krümmung so kleiner Linsen, wie sie das menschliche Auge darbietet, unzweifelhaft ermittelt werden, so bilden schon mehrere Hundertheile eines Millimeters Werthe, von denen der Erfolg der ferneren Berechnung abhängt. Man wird zugeben, daß die nach dem Tode eintretende Erschlaffung der Theile, die sie nicht nothwendig ausgleichende Verdunstung der Flüssigkeiten, die Entfernung des Augapfels aus der Augenhöhle, das Aufbewahren in Wasser, zu dem Chossat, und das in Eiweißlösung, zu dem Krause genöthigt war, das Durchschneiden des

---

[1]) Chossat, in den Annales de Chimie et de Physique. Tome X. Paris, 1819. 8. pag. 337 — 368.

[2]) Krause, in Meckel's Archiv. Bd. VI. Leipzig, 1832. 8. S. 113 — 116 und in Poggendorff's Annalen. Bd. XXXIX. Leipzig, 1833. 8. S. 590.

[3]) Siehe G. R. Treviranus, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge. Heft I. Bremen, 1828. Fol. S. 20 — 31.

Ganzen, die zweckmäßige Auswahl des Trennungsortes und der Austritt oder die Veränderungen der Morgagni'schen Feuchtigkeit Unrichtigkeiten erzeugen können, die jene engen Bedingungsgrenzen der Fehlerquellen überschreiten. Ein zweiter Uebelstand, der sich für die Linse in höherem Maaße als für die Hornhaut geltend machen muß, gesellt sich aber noch leicht zu diesen Gefahren.

Hat man die Lage einer Reihe von Orten für eine Curve bestimmt, 3486
so kann man diese bisweilen zu einem Stücke eines Kreises, einer Ellipse, einer Parabel oder einer Hyperbel machen, je nachdem man diese oder jene Punkte als die wahrscheinlich fehlerhaftesten ausläßt. Die Methode der kleinsten Quadrate ist hier nicht immer geeignet, die Sicherheit des Urtheils zu begründen. Gehört die krumme Linie keiner Begrenzung eines Kegelschnittes an, so drohen um so größere Irrungen, je mehr man sich anstrengt, sie auf eine solche krumme Linie zurückzuführen. Die meisten Forscher bemühten sich aber, dieses für das Auge zu vollführen. Man sieht daher, daß man sich hier auf einem schlüpfrigen Boden befindet.

Chossat und Krause haben in ihren Versuchen mit einer Sorgfalt 3487
gearbeitet, die kaum übertroffen werden kann. Die Vergleichung ihrer Angaben kann uns aber am besten lehren, daß sich dessenungeachtet die eben erwähnten theoretischen Zweifel in der Erfahrung bestätigen.

Chossat[1]) fand, daß die Vorderfläche der Hornhaut 7 bis 9 Jahre 3488
alter Ochsen dem Abschnitte eines regelmäßigen Ellipsoids, das um die große Achse der durch den Querschnitt gehenden Ellipse gewälzt ist, entspricht. Der vordere Endpunkt der Drehungsachse fällt aber nicht mit dem scheinbaren Mittelpunkte der Hornhaut oder mit dem vorderen Ende der Augenachse zusammen. Er liegt vielmehr weiter nach innen. Die scheinbare Hornhautachse oder die Sehachse und jene Drehungsachse schneiden sich hierbei unter 9° bis 10°. Die elliptische Form kehrt übrigens nicht in allen Fällen wieder, denn die Hornhaut des Elephanten ist nach Chossat hyperbolisch gekrümmt. Krause[2]) kam zu dem Ergebnisse, daß die Vorderfläche der Hornhaut des Menschen sphärisch, die hintere dagegen paraboliſch sei. Man könnte einwenden, daß sich kein Vergleich zwischen den Gesichtswerkzeugen des Menschen und denen des Ochsen anstellen lasse. Wir werden aber bald finden, daß auch andere Erfahrungen für die elliptische Krümmung des Menschenauges zu sprechen scheinen.

Die beiden Flächen der Krystalllinse des Ochsen bilden nach Chossat[3]) 3489
Stücke regelmäßiger Ellipsoide, die sich um die kleinere Achse der Erzeugungsellipse gedreht haben. Die wahre Achse einer jeden ihrer Oberflächen ist immer nach außen gewandt. Beide Achsen schneiden sich aber unter 5°. Krause[4]) schreibt ebenfalls eine elliptische Krümmung der vorderen, eine paraboliſche dagegen der hinteren Linsenfläche des Menschenauges zu. Manche Forscher, wie Vallée, glauben endlich Krümmungen,

[1]) Chossat, a. a. O. pag. 342 — 351.
[2]) Krause, in Meckel's Archiv a. a. O. S. 96.
[3]) Chossat, a. a. O. pag. 352 — 366.
[4]) Krause, a. a. O. S. 106. 107.

die keinen Begrenzungen von Kegelschnitten entsprechen, annehmen zu müssen, damit einzelne optische Nachtheile, wie die Abweichung wegen der Kugelgestalt, gänzlich vermieden werden.

3490 Man sieht leicht, daß weder die Untersuchungen der todten Augen, noch die hypothetischen Annahmen, die auf gewissen, nicht bewiesenen Voraussetzungen fußen, zu einem völlig befriedigenden Ziele führen können. Es bleibt vorläufig Nichts übrig, als diese verschiedenen Angaben möglichst auf sich beruhen zu lassen und die Krümmungen als annähernd kugelig für centrale Strahlen anzusehen. Wollte man andere Krümmungsformen voraussetzen, so müßten ohnedies erst höhere analytische Forschungen den Weg der Untersuchung für die meisten hier in Betracht kommenden physiologischen Fragen des Sehens vorbereiten.

3491 Es wäre jedoch wahrscheinlich möglich, die Krümmungsformen der Hornhaut und der Linse des lebenden Auges zu bestimmen. Wir haben früher (§. 3422.) gesehen, daß man die Krümmungsfläche eines Spiegels aus den Größenverhältnissen der Bilder, die er liefert, finden kann. Die vorderen und die hinteren Flächen der Hornhaut und der vorderen Theile der Linse oder der Linsenkapsel bilden aber convexe und die Hinterseite der beiden letzteren hohle Spiegel. Man erhält so eine Reihe von Bildern eines hellleuchtenden Gegenstandes, von denen die meisten aufrecht stehen und wenigstens eines umgekehrt erscheint (§. 3497.). Ließe sich mit dem Mikrometer eines Fernrohres genau bestimmen, wie sich ihre Größe mit Verschiedenheit der Orte ändert, so erhielte man eine Reihe von Grundwerthen, die für die Hornhaut, an der schon Home und Young Forschungen der Art anstellten, ohne weitere Annahme, für die Krystalllinse dagegen mit Zuziehung gewisser Schätzungsgrößen, die sich auf ihre Lage und ihre Dicke beziehen, gültig wären.

3492 Senff[1]), der diesen Versuch an der Hornhaut des Menschen machte, fand, wie Chossat, daß jener erste Ablenkungskörper des Auges elliptisch gebogen ist und daß der Scheitel der Krümmung mit dem vorderen Ende der Sehachse nicht zusammenfällt. Er versetzt ihn aber $2^{0},9$ nach außen, während ihn Chossat im Ochsenauge um 10^{0} nach innen verlegt (§. 3488.). Er befand sich nach Senff um $3^{0}6$ nach unten in dem rechten und um $1^{0}6$ in dem linken Auge. Man hätte hiernach eine Asymmetrie, welche die ferneren allgemeinen Bestimmungen erschwerte.

3493 Der Unterschied, der sich in den Angaben der beiden genannten Forscher verräth, macht sich für eine optische Folgerung, die man aus dem elliptischen Krümmungsverhältnisse der Hornhaut zu ziehen suchte, geltend. Gleicht das Brechungsverhältniß eines Ellipsoids dem Quotienten der halben großen Achse und der Excentricität, so fällt die Abweichung wegen der Krümmungsform für alle jener Achse parallelen Strahlen hinweg[2]).

---

[1]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 270. 271.

[2]) J. F. W. Herschel, Vom Licht. Uebersetzt von J. C. E. Schmidt. Stuttgart u. Tübingen, 1831. 8. S. 100. 101.

Chossat[1]) und Herschel[2]) wandten dieses auf die Hornhaut an, weil jener Quotient dem Brechungsverhältnisse derselben nahe steht. Die Abweichung, die sonst zu Stande käme, würde hiernach für alle Strahlen, welche der Ellipsenachse, nicht aber unmittelbar der Sehachse (§. 3488.) parallel laufen, ausbleiben.

Das Brechungsverhältniß der Hornhaut des Ochsen gleicht nach 3494
Chossat[3]) 1,34. Berechne ich die Achsen, die Excentricitäten und die Anhang Nr. 138.
genannten Quotienten für die Querschnitte von vier Hornhäuten, die Chossat angegeben hat, so liefern zwei 1,30 und 1,31, zwei andere dagegen 1,45 und 1,52. Wir stoßen mithin hier auf Größen, die den Brechungscoefficienten der Hornhaut bedeutend übertreffen. Es fragt sich, ob so erhebliche Unterschiede in den Fehlerquellen der Messungen liegen können. Das Mittel giebt selbst noch 1,395. Der Quotient dagegen, den die Senff'sche Bestimmung des Querschnittes des Menschenauges giebt, beträgt 1,99, so daß kein genügender Vergleich mit dem Brechungsverhältniß möglich ist.

Es erhellt aus dem früher (§. 3489.) Dargestellten, daß nach Chos- 3495
sat die Achsen der beiden Krümmungen der Linse weder unter sich, noch mit der Achse der Hornhautkrümmung zusammenfallen. Es könnten daher die beiden vorzüglichsten Brechungskörper des Ochsenauges keine vollkommen geordnete Reihe von Linsen bilden (§. 3270.). Dieser Uebelstand würde die Schärfe der Bilder wesentlich beeinträchtigen. Chossat[4]) nimmt daher an, daß nicht viel auf die vollkommene Ordnung von Werkzeugen, die keine starke Vergrößerungen liefern, ankomme. Die gewöhnlichen Theatergläser könnten dieses am besten beweisen. Herschel[5]) glaubt, daß der Unterschied der Stellung deshalb keinen bedeutenden Einfluß besitzt, weil die Linse die Strahlen, die durch die wässerige Feuchtigkeit treten, nur wenig ablenkt. Man sieht aber leicht, daß fernere Beobachtungen die Thatsache und deren Gründe sicherer feststellen müssen.

Spiegelungsverhältnisse des menschlichen Auges. — 3496
Wir können die vordere und die hintere Fläche der Hornhaut so wie die Vorderseiten der Linsenkapsel oder der Linse mit drei Conversspiegeln vergleichen. Sie müssen daher aufrechte und verkleinerte Bilder der Gegenstände, deren ausfahrende Strahlen ihre Oberfläche berühren, in jedem Falle liefern (§. 3419.). Die hintere Seite der Linse und der Linsenkapsel dagegen entspricht einem Hohlspiegel. Wir werden in der Folge sehen, daß ihr Hauptbrennpunkt und der Mittelpunkt des Krümmungskreises ihrer Biegung im Scheitel in das Innere des Auges fällt. Die

---

[1]) Chossat, a. a. O. pag. 346. 347. Chossat, in den Annales de Chimie et de Physique. Tome VIII. Paris, 1818. 8. pag. 217.
[2]) Herschel, a. a. O. S. 146.
[3]) Chossat, in den Annales de Chimie et de Physique. Tome VIII. Paris, 1818. 8. pag. 217.
[4]) Chossat, Annales de Chimie. Tome X. pag. 369.
[5]) Herschel, a. a. O. S. 147.

Bilder äußerer Gegenstände, die sich hier abspiegeln, sind daher umgekehrt und verkleinert (§. 3417.).

3497 Stellt man sich vor einen ebenen Spiegel und hält sich eine brennende Kerze gerade vor die Pupille, so bemerkt man sogleich das verhältnißmäßig größte und schärfste Bild, das von der Vorderfläche der Hornhaut und das kleinere, das von der Vorderseite der Linse herrührt. Es gelingt überdies, ein Zwischenbild, das von der Hinterseite der Hornhaut bedingt wird, bei geeigneter Stellung der Flamme wahrzunehmen. Ein entfernterer Punkt der Hornhaut pflegt noch zwei andere von ihren beiden Oberflächen abhängige Seitenbilder zu liefern. Man kann eben so die Kerze in eine Lage bringen, in der zwei oder selbst vier aufrechte Bilder in der Tiefe der Pupille gesehen werden. Da sie sämmtlich aufrecht stehen, so stammen sie von den §. 3496. erwähnten Theilen, die Conversspiegeln entsprechen. Das umgekehrte Bild, das den Concavspiegeln angehört, ist so schwach, daß ich es fast nur des Nachts, wenn ich mich im Spiegel betrachte, mit Deutlichkeit verfolgen kann. Man bemerkt es aber nicht selten in den Augen anderer Menschen oder frisch getödteter Säugethiere.

Hält man das Auge nahe an einen ebenen Spiegel, so findet man, daß ein Theil des Gesichtes etwas hinter dem Sehloche mit vollkommener Schärfe, aber in verkleinertem Maaßstabe abgespiegelt wird. Man erkennt überdies noch bei einiger Aufmerksamkeit die Umrisse des vorderen verhältnißmäßig größeren Bildes des Kopfes und das der Hand, die den Spiegel hält.

3498 Ein einfacher Versuch lehrt bald, daß die tieferen Bilder von Spiegelungsflächen, die hinter der Hornhaut liegen, herrühren. Führt man eine Lichtflamme von oben nach unten oder von einer Seite des Auges zur anderen, so sieht man, wie jene im Anfange von dem Rande der Regenbogenhaut abgeschnitten wird und endlich ganz schwindet [1]). Die aufrechten Bilder folgen dabei in ihren Stellungen den Ortsveränderungen der Lichtflamme. Das umgekehrte kleine Bild dagegen rückt nach außen, so wie man die Kerze nach innen bewegt.

Purkinje [2]) hat zuerst diese Erscheinungen ausführlicher beschrieben und die Anwesenheit von vier Spiegelbildern angegeben. Sanson [3]) leitete später die Aufmerksamkeit auf die drei Hauptbilder, die von der Vorderfläche der Hornhaut und den beiden Flächen der Linsenkapsel und der Linse herrühren. Sind die Hornhaut, die wässerige Feuchtigkeit und die Linse eines erblindeten Auges unverändert geblieben, so erhalten sich noch alle Bilder unversehrt. Hat sich aber die Linse getrübt, so wird das umgekehrte verschwinden, wenn die Hinterwand undurchsichtig geworden. Der Mangel des aufrechten tiefen Bildes kann ein Leiden der Vorderseite der Linse verrathen. Ich muß es dahin gestellt sein lassen, ob dieses Mittel geeignet ist, so schwache Trübungen, daß sie das freie Auge eines Anderen noch nicht erkennt, mit Sicherheit nachzuweisen. Es wäre überhaupt wünschenswerth, daß der Gegenstand von ärztlicher Seite noch genauer, als es bisher geschehen, geprüft würde.

3499 Bruecke [4]) suchte die Jacob'sche Haut oder die Stäbchenschicht

[1]) Vergl. auch H. Meyer in Henle's u. Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. V. Heidelberg, 1846. 8. S. 264.

[2]) J. C. Purkinje, Commentatio de examine physiologico organi visus et systematis cutanei. Vratislawiae, 1823. 8. p. 21. 28. Tab. I. Fig. 1 — 5.

[3]) Siehe Repertorium. Bd. IV. Bern, 1839. 8. S. 335. 336.

[4]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1844. S. 447 — 451.

mit gewissen Verhältnissen der Zurückwerfung des Lichtes in Beziehung zu bringen. Die Strahlen, welche die Netzhaut durchdrungen haben, werden von der schwarzen Fläche der Aderhaut aufgesogen, damit sie nicht unpassend zurückkehren und das Sehen stören. Da die Stäbchen der Jacob'schen Haut hinten von Scheiden dunkelen Pigmentes eingehüllt werden, so muß sich hierdurch die geschwärzte Oberfläche in ähnlicher Art, wie die Absonderungsfläche der röhrigen Drüsen (Bd. I. §. 1421.) vergrößern und die Rückkehr der Strahlen vermindern.

Betrachtet man die Stäbchen der Netzhaut unter dem Mikroskope, so 3500
sieht man, daß sie ein verhältnißmäßig großes Brechungsverhältniß besitzen. Soll aus ihnen ein Strahl in ein schwächer ablenkendes Mittel übertreten, so wird der Fall der gänzlichen Zurückwerfung (§. 3430.) um Anhang Nr. 181.
so eher eintreten. Bruecke wandte dieses vorzugsweise auf die Augen derjenigen Säugethiere, die eine schillernde Tapete zwischen einem Theile ihrer Stäbchenschicht und der Aderhaut besitzen, an. Ein Lichtstrahl, der die Netzhaut durchdrungen hat und in ein einzelnes Stäbchen eingetreten ist, wird deshalb nicht in ein zweites übergehen, sondern an dem hinteren Brechungstheil desselben gänzlich zurückgeworfen. Er gelangt hierauf auf umgekehrtem Wege zu derselben Stelle der Netzhaut, die er früher getroffen hatte. Es wird hierdurch die Verwirrung des Sehens gemieden und an Helligkeit gewonnen. Künftige Forschungen müssen lehren, ob sich in der That die Winkelverhältnisse so gestalten, daß der Strahl in demselben Stäbchen, in das er zuerst gelangt ist, bleibt und ob jene genaue Rückkehr zu demselben Punkte der Netzhaut überhaupt nothwendig ist.

Erinnern wir uns, daß die Stärke der zurückgeworfenen Strahlen 3501
mit dem gegenseitigen Unterschiede der Ablenkungskräfte wächst (§. 3403.), so können wir die Thatsache, daß die Stäbchen das Licht stärker als die Netzhaut brechen, mit der Helligkeit des Bildes in Beziehung bringen. Jedes Stäbchen bildet gleichsam einen kleinen Spiegel, der einen gewissen Theil des Lichtes sogleich zurückwirft und den, der durchgeht, dem schwarzen Pigmente zum Verschlucken oder der Tapete zu abermaliger Zurückwerfung überläßt.

Die Spiegelungserscheinungen, die das sogenannte Leuchten der Augen bedingen, sind schon Bd. I. §. 264 erwähnt worden. Die Versuche von Bruecke [1]) wiesen deutlicher nach, daß der rothe Schimmer, den die Augen der Hunde im Dunkeln bei einseitiger Erleuchtung häufig verbreiten, von dem Blute der frei liegenden Gefäßstämme der Aderhaut und zum Theil der Nervenhaut herrührt. Man kann am Menschen ein ähnliches rothes Leuchten des Sehloches unter günstigen Verhältnissen wahrnehmen [2]).

Durchgang der Strahlen durch die Brechungskörper 3502
des Auges. — Läßt man die Sonnenstrahlen, die von einem passend

---

[1]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1845. S. 389 — 394.
[2]) Bruecke, Ebendaselbst. 1847. S. 225 — 227 und Cumming in Froriep's neuen Notizen. Dritte Reihe. 1847. 4. Nr. 41 S. 299.

Fig. 239.

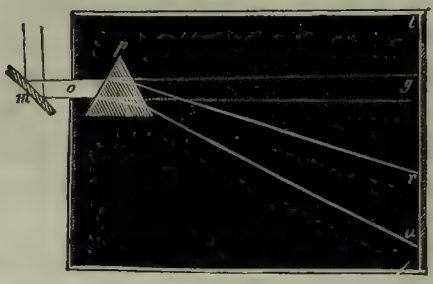


Fig. 240.

aufgestellten Spiegel *m*, Fig. 239., oder einem Heliostaten zurückgeworfen werden, durch die kleine runde Oeffnung *o* einer dunkeln Kammer treten, um sie auf einer gegenüberstehenden Wand *t* entweder unmittelbar oder nach ihrem Durchtritt durch eine doppelt convere Linse aufzufangen, so erhält man ein helles, rundes, weißes Bild, *g* Fig. 239. und 240. Werden dagegen die durch *o* kommenden Strahlen in einem Prisma *p* gebrochen, so verlängert sich das abgelenkte Bild zu *ru*. Es zeigt zugleich die mannichfachen Uebergänge der sieben Hauptfarben, Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett und einzelne dunkele Linien, auf die wir später zurückkommen werden.

3503 Untersucht man die Wärmeverhältnisse, so findet man, daß sich die Erhöhung der Temperatur nicht auf *ru* beschränkt, sondern über die Grenze der farbig erleuchteten Stelle hinausgeht. Man muß daher ein größeres Wärmespectrum und ein kleineres Farbenspectrum unterscheiden. Der höchste Werth der Erwärmung schreitet nach Melloni um so mehr in der Richtung von dem Violett nach dem Roth fort, je stärkere diathermane Eigenschaften das brechende Prisma besitzt, d. h. je leichter es die strahlende Wärme durchläßt. Hält dagegen ein Körper die Wärmestrahlen eben so auf, wie eine dunkele Masse die Lichtstrahlen, so nennt man ihn atherman.

3504 Nimmt man mit Recht an, daß die Theile des Spectrums, an denen wir keine Farben mehr wahrnehmen, Strahlen, die an und für sich Lichtempfindung erregen könnten, empfangen, so stehen zwei Wege offen, um den Unterschied der beiden Spectra zu erklären. Man setzt voraus, daß die unsichtbaren Lichtstrahlen bis zur Netzhaut gelangen, daß aber dieser oder dem Gehirn die Fähigkeit mangelt, größere Schwingungszeiten, als das äußerste Roth, und kleinere, als das äußerste Violett besitzen (§. 3343.), aufzufassen. Die zweite Annahme dagegen kann es wahrscheinlicher finden, daß jene unsichtbaren Strahlen von den Brechungskörpern des Auges verschluckt werden und daher gar nicht auf die Netzhaut gelangen. Wir hätten daher einen Mangel der Empfindung in dem ersteren und eine Unvollkommenheit der Ablenkungskörper in dem letzteren Falle. Melloni [1]) neigte sich eher zu jener Ansicht. Bruecke [2]) dagegen bemühte sich mit Glück, auf dem Wege des Versuches nachzuweisen, daß vorzüglich die Hornhaut und die Krystalllinse die Strahlen, die für uns unsichtbar bleiben, nicht durchlassen.

[1]) Melloni, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LIV. Leipzig, 1842. S. 574 — 87.

[2]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1845. S. 262 — 276. u. 1846. S. 379

Brechungsverhältnisse des Menschenauges. — Die wäs- 3505
serige Feuchtigkeit bildet eine gleichartige Flüssigkeit, die nur krankhafter Weise kleinere oder größere Festgebilde einschließt. Die Hornhaut, die Linse und der Glaskörper dagegen zeigen einen geschichteten Bau, der offenbar in den Ernährungsverhältnissen derselben begründet ist. Man weiß mit Bestimmtheit, daß die einzelnen Lagen der Linse ungleiche Ablenkungsverhältnisse darbieten. Der Brechungscoefficient der Haut der wässerigen Feuchtigkeit unterscheidet sich ebenfalls, wenn auch nur in geringem Maaße von dem der Hornhaut [1]). Wir müssen daher die Gesetze der geschichteten Linsen, so sehr als möglich, auf die Brechungskörper des Auges anzuwenden suchen. Wir wollen mit den verwickelten Verhältnissen der Krystalllinse beginnen und später die einfacheren Erscheinungen, die der Hornhaut und dem Glaskörper angehören, betrachten.

Die in den folgenden Paragraphen angegebenen Zahlen der Ablenkungscoefficienten der einzelnen Augenmittel beziehen sich auf die atmosphärische Luft und nicht auf den leeren Raum. Wollte man sie auf diesen zurückführen, so braucht man sie nur mit dem entsprechenden Werthe zu theilen. Gleicht die Wärme 27° C., so hat mit Chlorcalcium getrocknete Luft nach Arago*) 1,0002945 und die, welche mit Wasserdämpfen geschwängert ist, den etwas kleineren Werth 1,0002936 zum Ablenkungscoefficienten.

Setzt man annäherungsweise voraus, daß die Oberflächen der Kry- 3506
stalllinse kugelig gekrümmt sind, so findet man, daß die des Menschenauges vorn flacher, als hinten ist. Die Vorderfläche besitzt daher einen größeren Krümmungshalbmesser als die hintere. Berechne ich die Werthe, die das von Krause genauer durchforschte Auge einer 50jährigen Frau giebt, nach der Gleichung des Kreises und der in diesem Falle anwendbaren Gebrauchsweise der Methode der kleinsten Quadrate, so erhalte ich 5,26 Millimeter für den Halbmesser der vorderen und 4,45 Mm. für den der hinteren Fläche. Das zweite von Krause bestimmte Auge eines 30jährigen Mannes liefert 7,24 und 5,86 Mm. Es ergiebt sich hieraus, daß die Brechung an der Hinterfläche stärker ausfallen muß, so wie vorn und hinten der gleiche Ablenkungskörper vorhanden ist.

Anhang Nr. 138. A III u. VI.

Anhang Nr. 138. B. X u. XII.

Anhang Nr 139. Gleich. Nr 4.

Das Mikroskop lehrt, daß die Linse aus einer großen Zahl sehr 3507
dünner Schichten, die von außen nach innen kleiner werden, besteht. Die Beobachter, die sich mit den Messungen des Auges und den Ablenkungsverhältnissen der Linse beschäftigt haben, nennen den Kern einen gewissen innersten härtesten Theil. Man darf aber nicht glauben, daß dieser eine gleichartige Masse bildet. Er ist eben so gut, als das Uebrige, geschichtet. Der mathematische Kern bildet dagegen einen unendlich klein gedachten Mittelkörper, der bei immer weiterer Fortsetzung der Schichtung herauskommt.

Die Krümmungsmittelpunkte der beiden Oberflächen der Linse fallen 3508
weder unter einander, noch mit dem Mittelpunkte des durch ihren Rand

---

[1]) Chossat, in den Annales de Chimie et de Physique. Tome VIII. Paris, 1818. 8. pag. 217 u. 218.

[2]) Arago, in Poggendorff's Annalen. Ergänzungsband zu Bd. LI. Leipzig, 1842. 8. Seite 446.

beſtimmten Kreiſes genau zuſammen. Dieſer Umſtand führt zu der Vermuthung, daß die Linſe einen, wenn auch überaus kleinen Kern von gleichartiger Beſchaffenheit beſitzt.

3509 Da man bald gefunden hatte, daß die Dichtigkeit und das Brechungsverhältniß der Linſe von äußen nach innen zunehmen, ſo ſuchten Anhang Nr. 137. die verſchiedenen Forſcher die Ablenkungscoefficienten der einzelnen Hauptlagen geſondert zu beſtimmen. Man unterſchied in der Regel eine äußere weichſte Schicht, eine mittlere, die man auch als äußere Kernlage aufführt, und einen Kern. Jeder dieſer Theile umfaßte eine unbeſtimmte Gruppe mikroſkopiſcher Kugelſchalen. Die Grenzen derſelben blieben faſt immer der Willkür des Beobachters überlaſſen. Es erklärt ſich hieraus, weshalb man auch ihre Zahl beliebig vervielfältigen konnte und warum z. B. Choſſat 4 Lagen bei dem Schweine, 7 bei dem Bären und 9 bei dem Elephanten genauer zu prüfen im Stande war.

3510 Wir haben früher (§. 3475.) geſehen, daß eine geſchichtete Linſe, deren Brechungsverhältniß von außen nach innen zunimmt, eine kürzere Vereinigungsweite und einen höheren Brechungscoefficienten hat, als eine zweite von derſelben Form und Größe, deren Maſſe gleichartig iſt und deren Ablenkungscoefficient dem größeren Brechungsinder des Kernes Anhang Nr. 135. gleicht. Dieſes Geſetz gilt eben ſo gut für conver-concave, als für doppelt convexe Ablenkungskörper. Es wird daher der Brechungscoefficient, den ein Forſcher für eine künſtlich getrennte äußere Schicht der Linſe gefunden hat, größer ſein, als den die innerſte mikroſkopiſche Lage dieſes Bruchſtückes wahrhaft beſitzt. Eben ſo müßte der mathematiſche oder der wirkliche letzte Kern der Linſe einen kleineren Brechungsinder, als der, den die Geometer und die Phyſiker willkürlich vorausſetzen, darbieten.

3511 Die meiſten Forſcher haben angenommen, daß das Brechungsverhältniß der ganzen Linſe dem arithmetiſchen Mittel der Ablenkungscoefficienten der einzelnen Lagen gleicht, daß es mithin kleiner, als der Werth, der dem Kerne zukommt, ausfällt. Hatte z. B. nach Choſſat die äußerſte Linſenſchicht des Menſchenauges 1,383 [1]), die mittlere 1,395 und die innerſte 1,420, ſo ſollte die ganze Linſe 1,399 jener Vorausſetzung gemäß beſitzen und daher um 0,021 dem Kerne nachſtehen. Man kann ſich leicht überzeugen, daß die Zahlen, die ſich bei Wollaſton und Choſſat [2]) Brewſter und Baumgartner [3]), Biot, Treviranus [4]), Senff [5]), Herſchel [6]), Radicke [7]), Fries [8]), Muncke,

---

[1]) Siehe Anhang Nr. 137 Anmerkung.
[2]) Chossat, a. a. O. p. 221.
[3]) A. Baumgartner, Die Naturlehre. Den mathematiſchen und den experimentellen Theil enthaltend. Wien, 1831. 8. S. 1013.
[4]) G. R. Treviranus, Beiträge zur Anat mie und Physiologie der Sinneswerkzeuge. Heft I. Bremen, 1828. 8. S. 32.
[5]) Senff, in A. Hueck, Die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat, 1834. 4. S. 110.
[6]) J. F. W. Herſchel, Vom Licht. Ueberſetzt von Schmidt. Stuttgart u. Tübingen, 1831. 8 Seite 147.
[7]) F. W. Radicke, Handbuch der Optik. Bd. II. Berlin, 1839. 8. S. 444.
[8]) J. F. Fries, Ueber den optiſchen Mittelpunkt im menſchlichen Auge nebſt allgemeinen Bemerkungen über die Theorie des Sehens. Jena, 1839. 8. S. 27.

Kunzeck[1]) und Moser[2]) finden, nach jener Vorschrift berechnet sind.

Young, der die Gesetze einer geschichteten Kugel mit Anwendung auf das Auge zu entwickeln suchte[3]), sprach es geradezu aus, daß der auf die wässerige Feuchtigkeit bezogene Brechungscoefficient der menschlichen Linse 1,077 sein müsse, wenn der Kern nur 1,059 hat[4]). Nehmen wir mit Young an, daß die wässerige Feuchtigkeit 1,33 darbietet, so erhalten wir 1,432 für den absoluten Inder der ganzen Linse. Senff, der die bald zu erwähnenden allmäligen Berechnungen für die Vereinigungsweite des Menschenauges versuchte[5]), wurde wohl hierdurch in der Folge zu der Ueberzeugung geführt, daß die Linse im Ganzen eine kürzere Vereinigungsweite, als die gleichartige Linse mit höchstem Brechungsverhältnisse des Kernes besitzt. Er fand später[6]), daß eine Ochsenlinse im Ganzen 1,539, die äußerste Lage derselben 1,374 und der Kern 1,453 ergaben. Anhang Nr. 135.

Dieser größere Werth des Ablenkungsverhältnisses der ganzen Linse 3512
ist übrigens schon von vielen älteren Forschern gebraucht worden. Sie nahmen nämlich 1,333 für das Verhältniß der Luft zu der Hornhaut und der wässerigen Feuchtigkeit und 1,083 für das von dieser zur Linse an[7]). Der absolute Brechungscoefficient der menschlichen Linse gliche hiernach 1,444. Wir werden bald sehen, daß er 1,47 beträgt, wenn man die Chossat'schen Werthe zum Grunde legt.

Wir wollen die Frage nach den Ergebnissen der genaueren Berech- 3513
nung vollständiger untersuchen. Man hat allerdings hin und wieder eingesehen, daß der Brechungsinder der ganzen Linse größer als der des Kernes ist. Es ist aber, so viel ich weiß, bis jetzt nicht hervorgehoben worden, daß die Vereinigungsweite der geschichteten Linse mit den Halbmessern und mit der Brennweite, folglich auch mit der Entfernung des Leuchtpunktes und einer selbst unbedeutenden Veränderung der Dicke der Linse wechselt. Wir wollen daher das Brechungsverhältniß für drei Hauptfälle bestimmen, um uns die hier in Betracht kommenden Verhältnisse anschaulicher zu machen. Der eine besteht darin, daß sich die Linse in der Luft befindet und parallele Strahlen aufnimmt, der zweite, daß Strahlen, die aus einer unendlichen Entfernung kommen, auf die Hornhaut fallen, der dritte endlich, daß die Strahlen, die in das Auge treten, von einem der kleinsten endlichen Abstände, den wir deutlich auffassen, nämlich von 4 Zoll oder 10,8 Centimeter herrühren. Wir werden in der Folge finden, daß die Strahlen die Linse in den beiden letzteren Fällen convergirend berühren.

---

[1]) A. Kunzeck, Die Lehre vom Lichte. Lemberg, 1836. 8 S. 182.
[2]) Moser, in dem Repertorium der Physik. Bd. V. Berlin, 1844 8. S. 346.
[3]) Th. Young, in dem Philosophical Transactions for the Year 1801. Part. I. London, 1801. 4. pag. 32.
[4]) Young, Ebendaselbst pag. 42.
[5]) Senff, bei Hueck, a. a. O. S. 110 112.
[6]) Senff, bei Volkmann in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 290.
[7]) Alb. ab Haller, Elementa physiologiae. Tom. V. Lausannae, 1763. 4. p. 467. und Olbers, De mutationibus oculi internis. Gottingae, 1780. 4. p. 4.

3514 Nehmen wir die Linse des von Krause genauer gemessenen Auges einer 50jährigen Frau, legen die Werthe, die Choffat für die Ablenkungsverhältnisse der einzelnen Schichten gefunden, zum Grunde, und denken uns das Ganze in der Luft, so liegt die Vereinigungsweite für parallele Strahlen 3,828 Mm. hinter der Hinterfläche des Brechungskörpers. Der Ablenkungscoefficient der ganzen Masse beträgt dann 1,4730. Denken wir uns eine Linse von derselben Form und Größe, die das größte Ablenkungsverhältniß des Kernes (= 1,420) hätte, so erhielten wir 4,428 Mm. für ihre Brennweite Die Schichtung verkürzt also hier den Focalabstand um 0,6 Mm. oder um $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{8}$ des Vergleichungswerthes. Sie erhöht das absolute Brechungsverhältniß um 0,053 oder um $\frac{1}{26}$ bis $\frac{1}{27}$.

Anhang Nr. 137.
Anhang Nr. 140. I. a. 3.
Anhang Nr. 140. I. a. 2.

3515 Denken wir uns dagegen, es fielen parallele Strahlen auf das gleiche Auge, so wirkt die im Inneren befindliche Linse, als wenn sie 1,4746 als absoluten und 1,10209 als relativen, auf die wässerige Feuchtigkeit bezogenen Brechungscoefficienten hätte. Kämen dagegen nur die Strahlen aus 10,8 Centimeter Entfernung auf die Hornhaut an, so erhielten wir 1,4761 und 1,1032.

Anhang Nr. 140. I. b. 1.

3516 Die Berechnungen wurden hier Schicht für Schicht in der Linse und Brechungskörper für Brechungskörper im Auge vorgenommen. Da der Glaskörper etwas schwächer als die wässerige Feuchtigkeit ablenkt, so habe ich auch auf diesen Umstand Rücksicht genommen und zuerst die Vereinigungsweite, als wenn wässerige Feuchtigkeit statt des Glaskörpers vorhanden wäre, bestimmt. Läßt man diesen unbedeutenden Unterschied außer Acht, nimmt man die Brechungsverhältnisse der Hornhaut und der wässerigen Feuchtigkeit gleich, berücksichtigt man ferner nur die Coefficienten der äußersten Linsenschicht und des Kernes und bestimmt das Ganze für parallele Strahlen nach der analytischen Formel, die eine stetige Zunahme des Brechungsverhältnisses voraussetzt, so findet man nach Schläfli 1,4732. Wir hatten aber oben 1,4746 für den gleichen Fall, mithin nur $\frac{1}{1000}$ Unterschied.

Anhang Nr. 140. I. b. Gleich. Nr. 5.
Anhang Nr. 135, Gleich. Nr. 1. 2

3517 Ein scheinbar untergeordneter Wechsel der Dicke der geschichteten Linse und die hierdurch bedingte geringe Veränderung der Halbmesser übt einen wesentlichen Einfluß auf die Größe des Ablenkungsverhältnisses aus. Dieses ergiebt sich schon aus allgemeinen analytischen Gleichungen, die für concentrisch geschichtete Linsen mit einem von außen nach innen zunehmenden Brechungscoefficienten gelten. Der Hauptgrund der eigenthümlichen Erscheinung liegt darin, daß dann der Halbmesser des Kernes, von dem ein großer Theil des Ergebnisses wesentlich abhängt, verhältnißmäßig bedeutenden Veränderungen unterliegt.

Anhang Nr. 135, Gleich. Nr. 1. 2.

Wir wollen die Rechnung für das Auge der 50jährigen Frau beispielsweise durchführen. Gleicht die Dicke der Linse 3‴,1 oder 6,993 Millimeter, der Halbmesser ihrer vorderen Fläche 2‴3333 oder 5,264 Mm. und der ihrer Hinterseite 1‴,973 oder 4,451 Mm., so beträgt das absolute gemeinschaftliche Ablenkungsverhältniß 1,4746 für Strahlen, die parallel und 1,4761 für solche, die aus einer Entfernung von 10,8 Centimeter auf die Hornhaut fallen. Denken wir uns dagegen, die Achse der

Anhang Nr. 140.

Linse vergrößerte sich nur um $^1/_{12}$ Linie = 0‴083 = 0,187 Mm. oder weniger als $^1/_5$ Mm., so verkleinert sich der Halbmesser der vorderen Fläche nur um $^1/_{26}$ bis $^1/_{27}$ und der der Hinterfläche um $^1/_{37}$ seines früheren Werthes, so wie die ganze Linse ihren früheren Umfang beibehält. Das gemeinschaftliche Ablenkungsverhältniß der geschichteten, im Auge befindlichen Linse steigt dessenungeachtet um $^1/_{57}$ bis $^1/_{58}$, d. h. um eine verhältnißmäßig bedeutende Größe. Es erhöht sich von 1,4761 auf 1,5018. Wir werden sehen, daß diese Thatsache eine gewisse Bedeutung für die Vorstellungen, die man sich über das Anpassungsvermögen macht, besitzen kann. Anhang Nr. 150.

3518 Führen wir die früheren Bestimmungen für das zweite, von Krause genauer gemessene Auge durch, so erhalten wir 6,323 Mm. für die in der Luft befindliche Linse und parallele Strahlen. Die Brennweite der in ihrer Masse gleichartigen Linse von derselben Form und Größe und dem höchsten Brechungsverhältnisse des Kernes = 1,420) liegt 7,0 Mm hinter der Hinterfläche der Linse. Der gemeinschaftliche Ablenkungsinder der Krystalllinse gleicht hier 1,4616. Die Schichtung verkürzt mithin die Vereinigungsweite um 0,677 Mm. oder $^1/_{10}$ des Grundwerthes. Das Brechungsverhältniß vergrößert sich um 0,042 oder um $^1/_{33}$ bis $^1/_{34}$. Anhang Nr. 140, II. a.

3519 Diese Erfahrungen können uns eine Reihe von Schlüssen, die sich schon aus den allgemeinen Gleichungen der concentrisch geschichteten Linse mit stetig wachsendem Brechungsverhältnisse ergeben und die wir in der Folge brauchen werden, versinnlichen. Anhang Nr. 135, Gleich. 8 Nr. 1. 3

Es versteht sich von selbst, daß der gemeinschaftliche Brechungscoefficient der ganzen Linse von den Ablenkungsverhältnissen der einzelnen Schichten abhängt. Die Krümmungshalbmesser bilden eine zweite Reihe von Bedingungsgliedern. Die Brechung erhöht sich vorzüglich in bedeutendem Maaße, wenn der Kern verhältnißmäßig sehr klein und daher stark gekrümmt ist.

Die Messung lehrt, daß die Linse des Auges der 50jährigen Frau stärker gekrümmt und dicker, als die des 30jährigen Mannes war. Denken wir uns beide in der Luft, so hatte jene 1,4730 und diese 1,4616 für parallele Strahlen. Anhang Nr. 139.

3520 Liegt der Leuchtpunkt vor einer Linse, so fallen die Strahlen divergirend oder parallel auf. Die Entfernung des leuchtenden Gegenstandes wird in diesem Falle als eine positive Größe angesehen. Gelangen aber convergirende Strahlen auf einen Brechungskörper, so treffen ihre geradlinigen Fortsetzungen in einem Punkte, der sich hinter der Vorderfläche der Linse befindet, zusammen. Man betrachtet den Abstand dieses Durchschnittspunktes von der Brechungsmasse als eine negative Entfernung des Leuchtpunktes.

3521 Die Strahlen, die parallel oder divergent auf die Hornhaut fallen, werden so gebrochen, daß ihr Vereinigungspunkt weit hinter der Krystalllinse liegen würde, wenn das Auge nur aus der Masse der Hornhaut oder aus dieser und der wässerigen Feuchtigkeit bestände. Die Linse empfängt daher convergente Strahlen, deren Abstand negativ zu nehmen ist.

3522 Fallen parallele Strahlen auf das Auge der oben erwähnten Frau, so gleicht ihre negative Entfernung 15,227 Pariser Linien oder 34,349 Millimeter. Das Brechungsverhältniß der ganzen Linse beträgt aber dann 1,4746. Kommen die Strahlen aus 10,8 Centimeter Entfernung auf das Auge, so erhalten wir 21,192 Linien oder 47,801 Millimeter für den negativen Abstand und 1,4761 für das Brechungsverhältniß. Die Entfernungen verhalten sich hiernach wie 1:1,440 und die Ablenkungscoefficienten wie 1:1,0012. Diese wachsen daher unverhältnißmäßig weniger, als jene.

Anhang Nr. 139. I. a, 3. I. b, a.

3523 Empfängt die Hornhaut parallele Strahlen, so liegt der Vereinigungspunkt derselben 10,855 Mm. hinter der Hinterfläche der Linse. Kommen sie aus 10,8 Centimeter Entfernung, so haben wir 12,989 Mm. für die Brennweite. Diese beiden Größen verhalten sich aber = 1:1,196. Sie ändern sich mithin ebenfalls bedeutender als das Brechungsverhältniß.

Anhang. Nr. 139.

3524 Wir hatten 1,4730 für parallele, 1,4746 für convergente Strahlen mit 34,3 und 1,4761 für convergente Strahlen mit 47,8 Millimeter Entfernung des Leuchtpunktes. Das Brechungsverhältniß nahm daher in diesen drei Fällen allmälig zu. Dieser Umstand kann einen Fehler, den die experimentelle Ermittelung des Brechungsverhältnisses der Linse kaum zu vermeiden vermag, theilweise verbessern. Petit und Chossat[1]) bemerkten nämlich schon, daß die Trübung und die Vertrocknung der Linse den Brechungscoefficienten erhöht. Die Polarisationserscheinungen lehren aber, daß die Krystalllinse fast unmittelbar nach dem Tode an Durchsichtigkeit verliert. Man muß hiernach etwas zu große Werthe selbst bei den genauesten Versuchen erhalten. Wir haben oben gesehen, daß die in dem Auge eingeschlossene Krystalllinse einen etwas höheren Brechungscoefficienten, als die in der Luft befindliche Linse, die parallele Strahlen empfängt, besitzen muß, weil diese immer aus einer endlichen negativen Entfernung in dem ersteren Falle austreten. Der Brechungsinder, den der Versuch liefern kann, wird aus diesem Grunde für die Anwendung auf die Verhältnisse des Sehens zu niedrig und für die unmittelbare Beobachtung im Freien zu hoch ausfallen.

3525 Der Hauptvortheil, den die Natur mit der Wahl der geschichteten Krystalllinse zu erzielen sucht, kann nicht in der Erreichung eines höheren Brechungsverhältnisses liegen. Wollte sie nur dieses herstellen, so brauchte sie nur die Linse etwas dichter und gleichartig zu machen. Der Kern der Krystalllinse mancher Säugethiere liefert schon fast eben so hohe Werthe, wie die Linse des Menschen im Ganzen. Der des Ochsen hat z. B. 1,447 nach Wollaston im frischen und 1,530 im trockenen Zustande.

Wir haben früher (§. 3480.) gesehen, daß die Schichtung einen anderen Vortheil gewährt. Sie vergrößert die Oeffnung der Linse und vermindert die Abweichung von der Kugelgestalt. Verstehen wir unter der Oeffnung den Winkel, den die von dem Brennpunkte nach dem Rande

[1]) Chossat, a. a. O. pag. 220.

der Linſe gezogenen Linien einſchließen, ſo beträgt ſie 57°14′ für die in der Luft befindliche Linſe des Auges der 50jährigen Frau. Beſtände ſie aus einer gleichartigen Maſſe mit dem größten Brechungsverhältniſſe des Kernes, ſo erhielten wir nur 53°56′. Die Schichtung erhöhte hiernach die Oeffnung um 3°18′. Anhang Nr. 141. 1 u. 2

Haben zwei Linſen die gleiche Form und Größe, aber verſchiedene Brechungsverhältniſſe, ſo können ſie nur dieſelben Längenabweichungen darbieten, wenn ihre Oeffnungen ungleich ausfallen. Es ergiebt ſich aus den allgemeinen Gleichungen, daß die Oeffnung von der, welche einen größeren Ablenkungscoefficienten beſitzt, im Nachtheil iſt. Dieſes vorausgeſetzt, ſo wollen wir die Kryſtalllinſe mit einer Glaslinſe vergleichen und die Schichtung für den Augenblick der Einfachheit wegen bei Seite laſſen. 3526 Anhang Nr. 143. Gleich. Nr. 3.

Denken wir uns, die eine Linſe ſei von Crownglas und habe 1,533 zum Brechungscoefficienten, während die Kryſtalllinſe im Ganzen 1,473 darbietet, ſo würden ſich die beiderſeitigen Oeffnungen wie 1:1,072 für die gleiche Längenabweichung verhalten. Der Oeffnungswinkel der §. 3525. erwähnten Kryſtalllinſe entſpräche 50°20′ für die Glaslinſe. 3527

Wir haben §. 3479. geſehen, daß die gewöhnlichen einfachen Glaslinſen höchſtens 15° Oeffnung vertragen, ohne daß ihre Randſtrahlen weſentliche Störungen der Kugelabweichung wegen verurſachen. Die Fresnel'ſchen geſchichteten Linſen der Leuchtthürme erhöhen dieſen Werth auf 40°. Man ſieht, daß die Natur eine verhältnißmäßig noch größere Oeffnung der Kryſtalllinſe verlieben hat. 3528

Die Lichtſtärke des Bildes, das eine Linſe erzeugt, hängt von der Menge der durchgeführten Strahlen ab. Die geſchichtete Kryſtalllinſe kann daher hellere Bilder, die nicht durch die ſphäriſche Abweichung geſtört werden, liefern. Wir dürfen wohl den Hauptnutzen der Schichtung in der möglichen Vermehrung der Lichtſtärke bei gleichzeitiger Erweiterung des Sehloches ſuchen. Das Sehloch erweitert ſich auch im Dunkeln, um die größte Helligkeit den ſchwach beleuchteten Gegenſtänden zukommen zu laſſen. 3529

Die gleichen Schlüſſe können auf den geſchichteten Bau der Hornhaut und des Glaskörpers angewendet werden. Die Natur vermindert auch durch ſie die Abweichung von der Kugelgeſtalt. Die dunkle Kammer des Auges enthält eine Reihe geſchichteter Linſen, damit die Bilder ſo hell und ſcharf als möglich ausfallen. 3530

Betrachten wir die Ablenkungen, welche die einzelnen Linſen des Auges einleiten, ſo können wir nur den abſoluten, oder richtiger geſagt, den auf die Atmoſphäre bezogenen Brechungscoefficienten der Hornhaut berückſichtigen. Was die übrigen Mittel betrifft, ſo müſſen wir die gegenſeitigen Brechungsverhältniſſe der Reihe nach beſtimmen oder deren relative Ablenkungscoefficienten berechnen. Die Hornhaut hat z. B. nach Choſſat 1,33 im Verhältniß zur Luft. Die wäſſerige Feuchtigkeit bietet in dieſer Hinſicht 1,338 dar. Das gegenſeitige Brechungsverhältniß der Hornhaut und der wäſſerigen Feuchtigkeit, das allein für die Lehre vom Sehen 3531 Anhang Nr. 131. Anhang Nr. 137.

in Betracht kommt, beträgt daher $\frac{1,338}{1,33} = 1,0061$.

3532 Halten wir uns an die Werthe von Chossat, so finden wir 1,33 für die Hornhaut, 1,0061 für die wässerige Feuchtigkeit, 1,015 für die Vorderfläche der Linsenkapsel, 1,0012 für die vordere weiche, 10087 für die vordere mittlere Schicht, 1,018 für den Kern, 0,9824 für die mittlere hintere weiche Lage, 0,9914 für die hinterste weiche Schicht der Linse, 1,0012 für die Hinterfläche der Linsenkapsel und endlich 0,9918 für den Glaskörper.

3533 Die Maaßbestimmungen des Menschenauges, die genau genug sind, um zu ferneren annähernden Rechnungen gebraucht zu werden, liefern keine Zahlen für die Dicke und die Krümmungshalbmesser der Linsenkapsel. Man kann daher diesen Theil in solchen Berechnungen nicht berücksichtigen. Wir werden in der Folge sehen, daß dieser Uebelstand die Ergebnisse in keiner wesentlichen Weise stören dürfte, weil der geringe Unterschied der Ablenkungsverhältnisse ungefähr dadurch aufgehoben werden kann, daß die Linsenkapsel etwas größere Krümmungshalbmesser als die Oberfläche der Linse haben muß. Lassen wir daher die Umhüllung der Krystalllinse bei Seite und berücksichtigen wir, daß keine mittlere hintere weiche Linsenschicht in den von Krause genauer gemessenen Augen vorkam, so erhalten wir 1,33 für die Hornhaut, 1,0061 für die wässerige Feuchtigkeit, 1,0336 für die vorderste weiche, 1,0087 für die mittlere weiche Schicht, 1,018 für den Kern, 0,9739 für die hintere weiche Lage der Linse und 0,9682 für den Glaskörper.

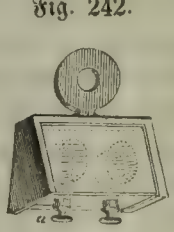
3534 Wir können uns die Uebersicht des Ganzen noch mehr erleichtern, wenn wir uns eine in ihrer Masse gleichartige Linse statt der geschichteten Krystalllinse denken. Wir haben §. 3516. gesehen, daß man dann 1,4746 als absolutes Brechungsverhältniß nach Chossat's Werthen annehmen muß, so wie parallele Strahlen auf die Hornhaut fallen. Wir finden dann 1,33 für die Hornhaut, 1,0061 für die wässerige Feuchtigkeit, 1,102 für die Vorderfläche der Linse und 0,908 für den Glaskörper.

Das einfachste Verfahren, das Brechungsverhältniß eines dazu geeigneten Körpers zu bestimmen, besteht darin, daß man sich aus ihm ein passendes Prisma von bekanntem brechenden Winkel verfertigt, die kleinste Ablenkung (§. 3436.), die es bewirkt, mittelst des Theodolithen ermittelt und den Brechungscoefficienten aus diesem Grundwerthe berechnet. Da sich aber keine Prismen mit hinreichend scharfen brechenden Winkeln aus den Augenmedien verfertigen lassen, so bedienten sich manche Forscher einer von Biot angegebenen oder einer ihr ähnlichen Vorrichtung, um zum Ziele zu gelangen. Denken wir uns, wir hätten ein Glasprisma, das, wie es Fig. 241. zeigt, von einer Seite zur

Anhang Nr. 132.

Fig. 241.

Fig. 242.



anderen durchbohrt ist und überdies noch einen Nebencanal zum Einfüllen besitzt, so wird es zu beiden Seiten mit völlig ebenen Spiegelplatten belegt. Man füllt die Flüssigkeit oder die halbweiche Masse, die geprüft werden soll, in die Oeffnung, und verfährt in ähnlicher Weise, wie bei dem dichten Prisma.

Brewster [1]) und Gordon bedienten sich in neuerer Zeit prismatischer Vorrichtungen, um die Ablenkungsverhältnisse der Augenmedien zu bestimmen. Die Brechung konnte unmittelbar mit der des Wassers verglichen werden. Anhang Nr. 137.

Der Versuch, Prismen der Art zu bilden, stößt nicht selten auf Schwierigkeiten. Hawksbee [2]) bemerkte schon zu Anfange des vorigen Jahrhunderts, daß dabei die Krystalllinse undeutliche Bilder lieferte. Man kann mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die gewaltsame Verschiebung der Linsenschichten die Hauptursache dieser Erscheinung bildete. Chossat [3]) und Cauchoir überzeugten sich auch, daß eine unnatürliche Stellung des Glaskörpers die Durchsichtigkeit desselben vermindert.

Wollaston hat sein Verfahren, das Brechungsverhältniß durchsichtiger und undurchsichtiger Körper zu bestimmen, auf die Krystalllinse angewendet. Wir sahen früher (§. 3430.), daß der Fall der gänzlichen Zurückwerfung bei einem gewissen Einfallswinkel eintritt, so wie der Lichtstrahl aus einem stärker ablenkenden in ein schwächer brechendes Mittel übergeht. Denken wir uns nun, der zu untersuchende Körper besäße einen kleineren Brechungscoefficienten, als Glas, wir hätten ihn an ein Glasprisma von bekanntem Ablenkungsverhältnisse befestigt und wir ermittelten den Winkel, bei dem die gänzliche Zurückwerfung beginnt, so könnten wir hieraus den Brechungsinder des untersuchten Körpers berechnen. Wollaston hat zu diesem Zwecke eine eigene Vorrichtung, welche die Prüfung erleichtert, angegeben [4]). Manche Optiker, wie Brewster, bestreiten es, daß man vollkommen genaue Werthe auf diesem Wege erhalten könne. Young fand dagegen, daß die Zahl, die man hierbei zu ermitteln im Stande ist, dem Brechungsverhältnisse der äußersten rothen Strahlen genau entspricht. Anhang Nr. 131.

Chossat [5]) bediente sich eines Verfahrens, das schon von Euler theoretisch angedeutet worden, das aber erst Barlow und Brewster praktisch durchgeführt haben. Denkt man sich, man hätte ein Mikroskop so eingestellt, daß man einen unterliegenden Gegenstand so scharf als möglich sieht, so bemüht man sich, die Entfernung von diesem und dem Objectiv so genau, als es angeht, zu bestimmen. Ist dieses geschehen, so bringt man den halbweichen oder den flüssigen Prüfungskörper auf eine vollkommen ebene Glasplatte, drückt ihn an die freie Linsenfläche des Objectivs und ermittelt von Neuem den Abstand, der zur deutlichsten Wahrnehmung des Gegenstandes nöthig ist. Das Brechungsverhältniß der Masse läßt sich dann berechnen. Man kann auch einen gleichen Vorversuch mit Wasser anstellen, um sich die Bestimmung zu erleichtern und zu sichern [6]). Ich kann mir kein Urtheil über den Genauigkeitsgrad dieses Verfahrens erlauben. Es scheint mir aber, daß die vollkommen sichere Bestimmung der größten Deutlichkeit der Bilder und die Messung der Entfernungen manche Schwierigkeiten darbieten muß.

Ein einfaches Mittel, die Brechungsexponenten einzelner Augenmedien zu erforschen, bestände, wie es auf den ersten Blick scheint, darin, Flüssigkeiten zu suchen, welche dieselben Brechungsverhältnisse, wie die Hornhaut, die Linse oder der Glaskörper hätten. Das vorzüglichste Hinderniß, auf das man bei diesen Bemühungen stoßen dürfte, liegt in den chemischen Verhältnissen der Augentheile. Diese trüben sich nämlich leicht, so wie

---

[1]) Brewster, in the Edinburgh Philosophical Journal. Vol. I. Edinburgh, 1819. 8. pag. 42 — 45.

[2]) J. Priestley, Geschichte u. gegenwärtiger Zustand der Optik, vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft. Uebersetzt und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet von G. S. Klügel. Leipzig, 1776. 4. S. 129.

[3]) Chossat, a. a. O. pag. 219.

[4]) Siehe z. B. A. Baumgartner. Die Naturlehre. Supplementband. Wien, 1831. 8. S. 446. Fig. 115. Ueber die veränderte Vorrichtung von J F. Cooper, s. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Band LXII. Leipzig, 1844. 8. Seite 608 — 610.

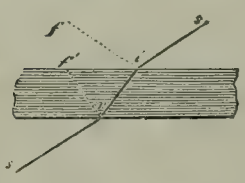
[5]) Chossat, a. a. O. p 217.

[6]) Die Formeln, die zu diesen Berechnungen nöthig sind, finden sich z. B. bei Kunzeck, Die Lehre vom Lichte. Lemberg, 1836. 8. S. 243 — 245.

sie mit fremdartigen Flüssigkeiten in Berührung kommen. Da jedoch eine Eiweißlösung 1,351 nach Euler, Menschenblut 1,354, Eiter 1,395, Kamillenöl 1,476 nach Brewster und Young, Lavendelöl 1,467 und Mandelöl 1,470 nach Wollaston als Brechungsverhältniß besitzt, so wäre es doch des Versuches werth, diese und ähnliche Körper zu Prüfungen der Augentheile des Menschen und der Thiere zu benutzen.

Die Polarisationserscheinungen könnten noch sicherer zum Ziele führen. Wir haben schon Bd. I. S. 303. gesehen, daß die Neigung des Polarisationsspiegels von der Masse, aus der er besteht, abhängt. Der sogenannte Polarisationswinkel, oder der Winkel, den der auffallende Strahl mit dem Einfallslothe bildet, muß immer eine bestimmte Größe haben, wenn die Bd. I. S. 300 — 303 geschilderten Polarisationserscheinungen in genügender Vollkommenheit auftreten sollen. Brewster entdeckte bei näherer Verfolgung des Gegenstandes, daß der Polarisationswinkel mit den Brechungsverhältnissen innig zusammenhängt. Bildet z. B. *si*, Fig. 243., einen Strahl, der unter dem Polarisationswinkel einfällt, so schneiden sich der zurückgeworfene und der gebrochene Strahl *fi* und *ir* unter einem rechten Winkel *fir*. Man hat auf diese Weise ein Mittel in Händen, das Brechungsverhältniß sehr kleiner, aber spiegelnder Körper zu bestimmen [1]). Es läßt sich dann leicht finden, daß der Ablenkungscoefficient der Tangente des Polarisationswinkels gleicht. Wir erhalten z. B. 56°53′ für Crownglas von 1,533. Nehmen wir die Werthe von Chossat, so müßten die Hornhaut 53°1′, die äußere Linsenschicht 54°8′ und der Kern der Krystalllinse 54°51 liefern.

Fig. 243.



Anhang Nr. 143.

3535 Der Meniscus einer stärker brechenden Masse, die vorn und hinten von Luft begrenzt wird, gewinnt den Charakter einer Zerstreuungslinse, wenn die vordere Krümmung flacher oder ihr Krümmungshalbmesser größer, als der der Hinterfläche ist. Wir sahen aber §. 3506., daß die Hornhaut diesem Verhältnisse entspricht. Haben wir sie von dem Auge losgetrennt, so bildet sie mithin keine Sammel-, sondern eine Zerstreuungslinse. Denken wir uns die wässerige Feuchtigkeit als einen einfachen Meniscus, so können wir den gleichen Schluß auf sie anwenden.

3536 Besitzt das Mittel, welches die hintere Fläche des Meniscus begrenzt, ein größeres Brechungsverhältniß als dieser, so ändert sich die Wirkung der Linse. Sie wird unter diesen Verhältnissen zu einer Sammellinse. Die stärkere Krümmung der Hinterfläche bildet dann gleichsam nicht sowohl das Ende des Meniscus, als die Vorderseite eines neuen kräftiger ablenkenden Mittels. Die Hornhaut gewinnt also erst die Merkmale einer Sammellinse durch die hinter ihr liegende wässerige Feuchtigkeit und diese durch die Krystalllinse.

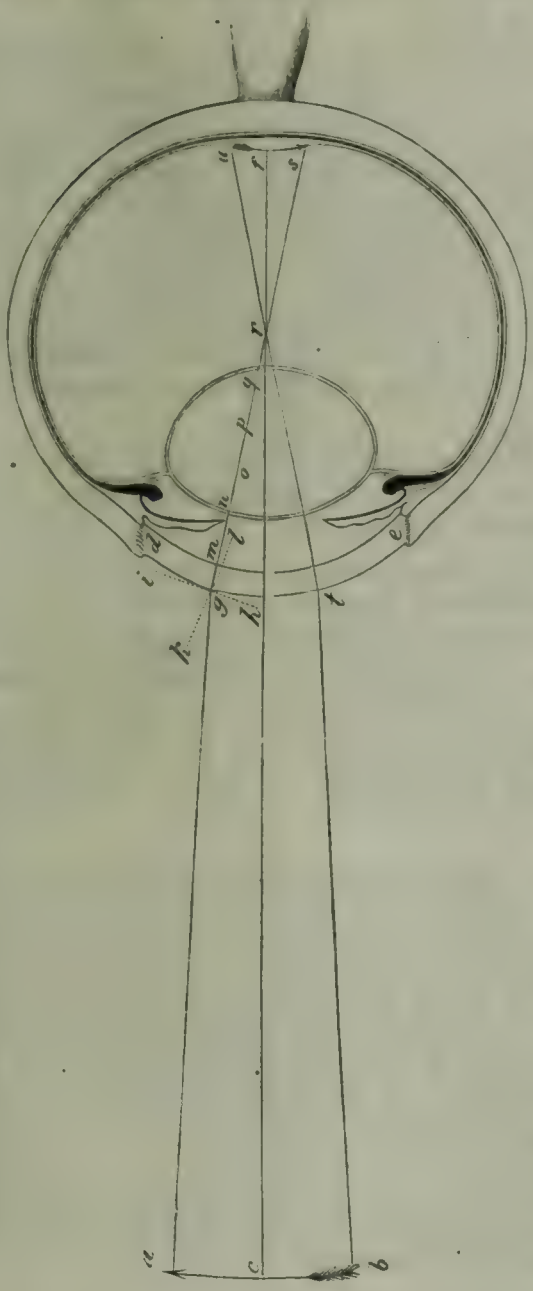
3537 Eine biconvere Linse, die schwächer ablenkende Mittel vor und hinter sich hat, arbeitet immer als Sammellinse. Ihre vordere convexe und ihre hintere concave Oberfläche verstärken in diesem Falle die Brechung gleichzeitig (§. 3466.) Wäre die Krystalllinse in ihrer Masse gleichartig, so würde sie schon diese Wirkung ausüben. Die Betrachtung der Schichtungsverhältnisse belehrte uns aber, daß dieser Umstand den brechenden Einfluß noch mehr vergrößert.

3538 Wir sehen hieraus, daß sich eine Sammellinse an die andere in unserem Auge anlegt. Vergleichen wir die gegenseitigen Ablenkungsverhält-

[1]) Eine nähere Erläuterung dieses Verfahrens findet sich z. B. bei Herrschel: Vom Licht. Uebersetzt von Schmidt. S. 459.

nisse, wie sie §. 3534. gefunden worden sind, so ergiebt sich, daß die Hauptbrechung der Strahlen bei dem Uebergange derselben in die Hornhaut zu Stande kommt. Kein innerer Ablenkungskörper kann sich in dieser Hinsicht mit der Cornea vergleichen. Die wässerige Feuchtigkeit wirkt dann als eine schwächere und die Krystalllinse als eine stärkere Sammellinse. Es beruht aber auf einem Irrthume, wenn man nicht selten geglaubt hat, die Krystallinse müsse die stärkste Brechung einleiten, weil sie den höchsten absoluten Brechungscoefficienten (= 1,47) hat. Sie wirkt vielmehr schwächer, als die Hornhaut, weil diese ihren absoluten (=1,33), jene dagegen nur ihren verhältnißmäßigen Brechungscoefficienten (= 1,102) in Anspruch nehmen kann.

Fig. 244.



3539 **Gang der Lichtstrahlen im Auge.** — Wir wollen annehmen, daß die Ablenkungskörper unseres Auges vollkommen geordnet sind (§. 3270.), u. daß *ab*, Fig. 244., einen leuchtenden Gegenstand linear darstellt. Der in der Richtung der Sehachse *cf* verlaufende Hauptstrahl geht vollkommen ungebrochen durch (§. 3444.). Alle übrigen dagegen werden von ihren Bahnen abgelenkt.

Gesetzt, *ag*, Fig. 244., sei der Achsenstrahl des von dem Punkte *a* ausgehenden Lichtkegels und *hi* die dem Berührungspunkte *g* entsprechende Tangente, so bildet *kga* den Einfallswinkel. Da aber die Hornhaut als Sammellinse thätig ist (§. 3536.), so muß der Brechungswinkel *lgm* kleiner als der Einfallswinkel *kga* sein. *gm* convergirt stärker mit der Augenachse, als *ag*. Das Gleiche wiederholt sich für die wässerige Feuchtigkeit. Der Strahl geht zur Linse in der Richtung *mn*. Wird er von der Regenbogenhaut nicht aufgefangen, so muß die bedeutende Ablenkung, welche die

Linse selbst erzeugt, bewirken, daß er in *nopq* verläuft, die Richtung der Sehachse in einem Punkte, z. B. *r*, oder noch früher schneidet und als *rs* zur Netzhaut weiter geht. Der Achsenstrahl des Lichtkegels, den der Punkt *b* entläßt, verfolgt auf gleiche Weise die Bahn *btru*.

Soll der Gegenstand deutlich gesehen werden, so muß *s* den wechselseitigen Brennpunkt für den Punkt *a*, und *u* den für *b* bilden. *su* ist daher das *ab* entsprechende Netzhautbild. Da aber *s* unten oder links liegt, je nachdem sich *a* oben oder rechts befindet, so erhellt von selbst, daß das Netzhautbild des erblickten Gegenstandes umgekehrt gelagert ist. Wir finden daher hier ein entgegengesetztes reelles Bild wie in einer einfachen doppelt converen Linse, für welche der Gegenstand jenseits des Hauptbrennpunktes liegt (§. 3457.).

3540 Wir haben §. 3459. gesehen, daß das umgekehrte Bild verkleinert erscheint, so wie der Gegenstand jenseit der doppelten Hauptbrennweite steht. Nehmen wir das von Krause genauer gemessene Auge zum Beispiel, so beträgt diese 3,889 Centimeter für die Hornhaut. Die übrigen Augenmittel geben, wie wir sehen werden, noch kleinere Werthe. Da wir aber nur Gegenstände, die mindestens 10,8 Centimeter, also mehr als 7,778 Centimeter von dem Auge abstehen, deutlich sehen, so muß das Netzhautbild derselben nicht bloß umgekehrt, sondern auch verkleinert ausfallen. Es ergiebt sich aus den §. 3459. dargestellten Verhältnissen, daß die Verkleinerung mit der Entfernung des leuchtenden Gegenstandes zunimmt.

Anhang Nr. 139, 1. a. 1.

3541 Man kann sich von der Wahrheit dieses Satzes leicht überzeugen. Hält man eine brennende Kerze vor dem ausgeschnittenen Auge eines Albinokaninchens oder eines anderen pigmentarmen Thieres, so sieht man, wie das umgekehrte Flammenbild hinten durch die harte Haut hindurchschimmert. Hat man den entsprechenden Theil der harten Haut und der Aderhaut eines Menschenauges vorsichtig entfernt, so gelingt hier der gleiche Versuch. Wurde hierbei zufällig die Netzhaut mit abgetragen, so braucht man nur ein halbdurchsichtiges Häutchen aufzulegen, um zum Ziele zu gelangen. Prüft man das Auge einige Stunden nach dem Tode, wurden indeß seine Hornhaut und seine Linse getrübt, so verliert das Bild an Helligkeit und Schärfe [1]).

Die älteren Forscher haben schon häufig Linsenverbindungen, welche die im Auge stattfindende Brechung versinnlichten, hergestellt. Wir haben gesehen, daß die Hornhaut einen convex-concaven Ablenkungskörper bildet, der nur in Gemeinschaft mit der wässerigen Feuchtigkeit einer Sammellinse, von beiden Seiten dagegen von Luft umgeben, einer Zerstreuungslinse gleicht. Da das Gleiche für die wässerige Feuchtigkeit gilt, so muß man zunächst die Lichtstrahlen der äußeren Gegenstände mit einem doppelt converen Glase oder einem sammelnden Meniscus auffangen. Hat diese eine dunkele Kammer hinter sich (§. 3481.), so kann man schon hier umgekehrte und verkleinerte Bilder erhalten, so wie nur der leuchtende Gegenstand jenseit der doppelten Hauptbrennweite liegt. Bringt man aber eine Kugel, die eine stärker brechende Flüssigkeit enthält, hinter der Linse in der ge-

[1]) Eine Zusammenstellung verschiedener Versuche, welche das Gleiche erhärten, findet sich in A. A. Berthold, Das Aufrechterscheinen der Gesichtsobjecte. Zweite vermehrte Ausgabe. Göttingen, 1834. 8. S. 13 — 31.

hörigen Entfernung an, so gewinnt man nicht nur an Kürze der Vereinigungsweite, sondern erhält überdies eine Vorrichtung, die noch manche andere Verhältnisse des Sehens anschaulich machen kann. Weingeist, dessen Ablenkungsverhältniß 1,377 gleicht, eignet sich hierzu besser, als Wasser, dem nur ein Werth von 1,336 zukommt.

Ein von Gerber verfertigter, für Vorlesungen recht brauchbarer Apparat ruht auf dieser Grundlage. Eine mit einem Stiele *a*, Fig. 245., versehene Schumacherlampe *b* wird mit Weingeist angefüllt. Da ihre spätere Hinterfläche einen matten Grund darbieten muß, so überzieht man einen Theil derselben mit einem Stück Lungen- oder Bauchfell des Pferdes, *cd* Fig. 245. Eine geschwärzte Kapsel, die in zwei Hälften zerfällt, *db* Fig. 245., dient als Hülle. Der Vordertheil von dieser *eqfgh*, Fig. 245., verlängert sich in seiner Mitte in eine Röhre *if'g'k*. Eine zweite geschwärzte Röhre *i'k'*, die

Fig. 245.

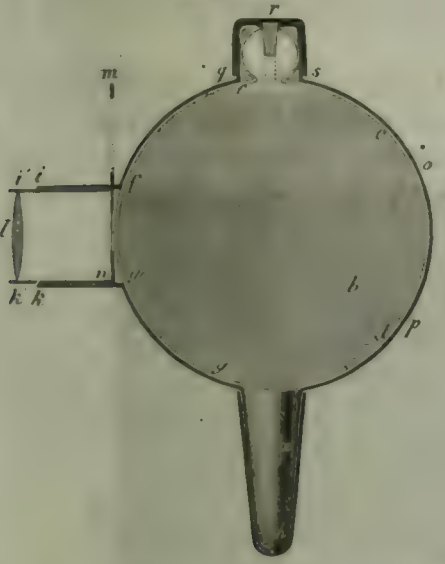
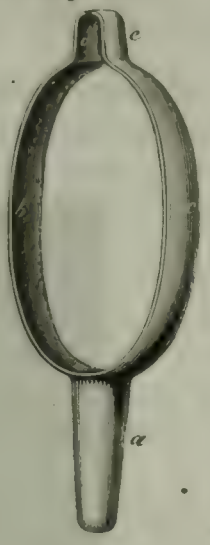


Fig. 246.



vorn eine doppelt convere Glaslinse *l* trägt, kann in diese eingeschoben werden. *if'g'k* hat an ihrer Oberseite einen Ausschnitt, in den einzelne mit verschieden großen Oeffnungen versehene geschwärzte Kartenblätter *mn* eingeführt werden können. Man ahmt so die Regenbogenhaut durch eine Blendung nach.

Die Hinterhälfte der schwarzen Umhüllung *ec*, Fig. 246., besitzt eine kreisförmige Oeffnung *op*, Fig. 245, an der passenden Stelle. Der matte Grund, den *cd* liefert, kommt auf diese Weise frei zu Tage. Ein aus Pappendeckel verfertigter Stiel *a*, Fig. 246., nimmt *a*, Fig. 245., auf. *b* und *c*, Fig. 246., verlängern sich in zwei Seitenblätter *d* und *e*, Fig. 246., oder *e*, Fig. 245. Ein Deckel *qrs*, Fig. 245., schließt hier das Ganze.

Die mit Weingeist gefüllte Schuhmacherlampe besitzt einen Durchmesser von 12 Centimeter in der von mir gebrauchten Vorrichtung. Man hat für sie zwei Arten von Linsen *l*, um die Verhältnisse der stärkeren und der schwächeren Brechung zu erläutern. Die eine bietet 9 und die andere 6 Centimeter Hauptbrennweite dar. Die Oeffnungen der Blendung schwanken zwischen 3 und 10 Millimeter.

Die umgekehrten Bilder stellen sich auf *op* mit vieler Schärfe dar. Man kann auf diese Weise die Einflüsse des matten Grundes, der der Netzhaut entspricht, die Wirkungen der verschiedenen Entfernungen des Leuchtpunktes, die Thätigkeit der Regenbogenhaut, die Verhältnisse der Kurz- und der Weitsichtigkeit u. dgl versinnlichen. Hat man die Kugel *b* mit Wasser statt mit Weingeist gefüllt, so werden die Bilder ferner Gegenstände unter sonst gleichen Verhältnissen verwischter. Sie gewinnen aber an Deutlichkeit, wenn man das Auge selbst von der Vorrichtung weiter entfernt.

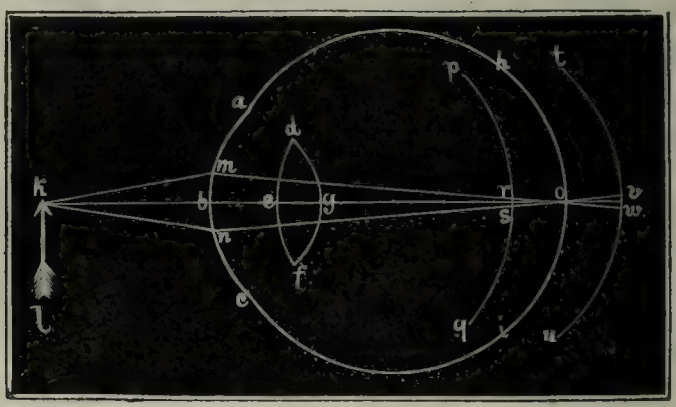
Ruete [1]) hat ein künstliches Auge, das zugleich die Wirkungen der Augenmuskeln

[1]) C. G. Th. Ruete, Das Ophthalmotrop. Göttingen, 1846. 8. S. 13—17. Fig. 1 u. 2.

erläutert, unter dem Namen des Ophthalmotrops angegeben. Zwei Linsen, von denen die eine die Hornhaut und die andere die Krystalllinse darstellt, werfen ihr Bild auf ein mattgeschliffenes Glas, das der Netzhaut entspricht. Dieses ist mit einem Kreuze, dessen Durchschnittspunkt das hintere Ende der Sehachse vorstellt, versehen. Man kann sich auf diese Weise an zwei gleichen künstlichen Augen der Art über die Lagenbeziehungen der Spiegelbilder unterrichten. Da die vordere Linse, der Abbildung nach zu urtheilen, conver-concav ist, so wird sie so geschliffen sein müssen, daß ihre vordere Fläche gekrümmter, als die hintere ist, mithin entgegengesetzt wie die Hornhaut. Die zweite doppelt convere Linse läßt sich in geringem Maaße von vorn nach hinten verschieben, um manche Annahmen, die man über das Anpassungsvermögen des Auges aufgestellt hat, zu versinnlichen. Eine Blendung vertritt die Regenbogenhaut. Zwei vollständige Kreise und ein drittes Kreisstück machen es möglich, daß der ganze Augapfel in ähnlicher Weise, wie das todte Auge, durch das Anziehen der drei Augenmuskelpaare gewälzt werden kann.

3542 **Vereinigungsweite des Auges.** — Stellen wir uns vor, *abc*, Fig. 247., bezeichnet die Hornhaut, *defg* die Krystalllinse und *hi* die

Fig. 247.



Netzhaut, so muß der wechselseitige Brennpunkt von *k* in dem Laufe von *hi* liegen, wenn wir *k* mit größter Deutlichkeit sehen sollen. Befände sich aber die Netzhaut in *pq*, so hätten wir den vorderen Zerstreuungskreis *rs*, und läge sie in *tu*, den hinteren *vw* statt des einfachen Punktes *o*.

3543 Es fragt sich zunächst, ob man auf dem Wege der Rechnung erhärten kann, daß ein Leuchtpunkt, den das menschliche Auge erblickt, seine Vereinigungsweite auf der Netzhaut hat. Die verschiedensten Forscher haben seit mehr als hundert Jahren versucht, diese Aufgabe zu lösen. Die meisten erhielten zu große Werthe, so daß der gesuchte Brennpunkt weit hinter die Netzhaut fiel. Die wesentlichsten Einwendungen, die sich gegen solche Bestimmungen machen ließen, bestanden darin, daß man zu unsichere Augenmaaße zum Grunde legte, ein zu kleines Ablenkungsverhältniß für die Krystalllinse annahm, oder die Dicke der Brechungskörper der Gesichtswerkzeuge unberücksichtigt ließ.

Betrachten wir den gegenwärtigen Stand der Aufgabe, so treten immer noch mehrere Hindernisse, welche eine vollkommen genügende Lösung unmöglich machen, entgegen. Will man nicht alle Berechnung aufgeben, so muß man die Krümmungen aller oder der meisten Augenmittel

als kugelig ansehen. Wir haben schon früher gefunden, daß sie diese Form, genau genommen, nicht besitzen, daß es aber bis jetzt unentschieden ist, welche Curven den meisten von ihnen zukommen. Jede Bestimmung, die unter der oben erwähnten Voraussetzung gemacht wird, kann daher höchstens eine annähernde Gültigkeit für centrale Strahlen in Anspruch nehmen. Man ist ferner genöthigt, die Einflüsse, welche die Linsenkapsel und die Morgagni'sche Feuchtigkeit ausüben, bei Seite zu lassen. Es fragt sich endlich, ob nicht die Vereinigungsweite in das Innere der Netzhaut fallen kann. Da aber diese wahrscheinlich ein anderes Ablenkungsverhältniß als der Glaskörper darbietet, so liegt hierin ein Uebelstand, der bei den gegenwärtigen Bestimmungen bei Seite gesetzt werden muß.

Das einfachste Verfahren besteht in der allmäligen Berechnung, wie 3544
ich es in Anhang Nr. 138. und Nr. 139. durchzuführen versucht habe. Ich bestimmte zuerst die Krümmungshalbmesser der einzelnen Augenmedien aus von Krause angegebenen Abscissen und Ordinaten nach der hierbei möglichen Anwendungsweise des Verfahrens der kleinsten Quadrate und Anhang Nr. 138.
berechnete nun reihenweise die einzelnen Brennpunkte, bis ich zur Hinterfläche der Linse gelangte. Ein Beispiel möge uns hier anschaulich machen, auf welche Weise dieses geschehen kann. Da die Grundwerthe der Bestimmungspunkte in Pariser Linien gegeben sind, so wurden auch diese für die Rechnung beibehalten und erst die Endzahlen auf Millimeter zurückgeführt.

Denken wir uns, wir hätten ein fortlaufendes Mittel von der Brech- 3545
kraft und der vorderen Krümmung der Hornhaut des Auges der 50jährigen Frau und es fielen auf dasselbe parallele Strahlen, so würde die Anhang Nr. 139, f. a.
Hauptbrennweite 17‴,248 betragen. Es ergiebt sich hieraus, daß die Strahlen weder parallel, noch divergirend, sondern convergirend in die wässerige Feuchtigkeit eintreten. Sie haben daher für diese eine negative Entfernung (§. 3520.). Da die Dicke der Hornhaut 0‴,5 betrug, so erhalten wir — 16,748 für den Abstand, den wir für die Vorderfläche der wässerigen Feuchtigkeit zum Grunde zu legen haben.

Strahlen, die unter 16‴,748 negativer Entfernung in die wässerige Feuchtigkeit eintreten, vereinigen sich 16‴327 hinter der Vorderseite derselben. Der Abstand der Hinterfläche der Hornhaut von der Vorderfläche der Linse glich aber 1‴,1. Wir finden daher wieder 15‴,227 für die nächste negative Entfernung.

Die vorderste weiche Schicht der Linse giebt 12‴,925 als Vereinigungsweite. Ihre Dicke war aber 0‴,9. Die Entfernung für die äußere Kernschicht entsprach daher — 12‴,025. Wir erhalten dann 11‴,305 als wechselseitige Brennweite. Da wir hier 1‴,0 als Dicke haben, so ergeben sich — 10‴,305 für die Vorderfläche des Kernes und 7‴,346 für die Brennweite desselben. Die Dicke des Kernes betrug 0‴,9. Haben wir deshalb — 6‴,446 als negativen Abstand, so finden wir 5‴,7038 für die Vereinigungsweite der Hinterfläche des Kernes. Nun glich die hinterste weiche Linsenschicht 0‴,3. Wir erhalten daher — 5‴,4038 als

letzten negativen Abstand für die Hinterseite der Linse und 4‴,812 oder 10,855 Mm. für das Endergebniß.

3546 Dieses Verfahren setzt eine nicht bewiesene Annahme voraus. Man muß nämlich die von Chossat gefundenen Brechungsverhältnisse auf das von Krause gemessene Auge übertragen. Ich glaube nicht, daß sich dieser Uebelstand je wird vermeiden lassen. Denn man muß zugeben, daß es kaum möglich ist, die Krümmungshalbmesser und die Ablenkungscoefficienten an einem und demselben Auge mit dem Grade von Sicherheit, den die Aufgabe fordert, zu ermitteln. Schließt aber nun der eine oder der andere Theil größere Unrichtigkeiten ein, so wankt der Boden der ganzen Bestimmung.

3547 Der Versuch, die Vereinigungsweite auf diese Weise zu erhalten, ist mühsam und zeitraubend. Man braucht drei Hauptformeln, eine für die Brennweite der Hornhaut, eine zweite für den Eintritt convergirender Strahlen in die converen Augenmedien, die bis zu dem Kerne der Linse reichen und eine dritte für den Fortgang ähnlicher Strahlen durch die concaven Brechungskörper des Sehorgans. Jedes einzelne Auge fordert mindestens sechs bis sieben allmälige Durchführungen nach einer entsprechenden Formel. Man hat aber den Vortheil, daß man von manchen hypothetischen Annahmen befreit ist und selbst die geringen Unterschiede der Brechungsverhältnisse der Hornhaut, der wässerigen Feuchtigkeit und des Glaskörpers, so wie die größeren der einzelnen Hauptschichten der Krystalllinse in der Art, wie sie in dem Auge vorkommen, berücksichtigt. Man darf die Mühe, die solche Bestimmungen verursachen, nicht scheuen, weil einzelne später zu erwähnende Fragen der Physiologie des Gesichts nach dem Entscheiden dieser Bestimmungen, wenn auch nicht mit Sicherheit, doch mit Wahrscheinlichkeit beantwortet werden können.

Anhang Nr. 139, Gleich. Nr. 1, 2 und 4.

3548 Ein gesundes Auge ist im Stande, unendlich ferne Gegenstände eben so gut, als solche, die nur 4 Zoll oder 10,8 Centimeter von der Hornhaut abstehen, mit ziemlicher Deutlichkeit und ohne sehr tief greifende Störungen wahrzunehmen. Die Rechnung muß daher wenigstens für diese beiden Fälle durchgeführt werden. Mehrere Thatsachen, die wir in der Folge bei der Betrachtung des Anpassungsvermögens kennen lernen werden, lassen erwarten, daß das todte Auge eher für die genaue Aufnahme paralleler Strahlen, als für den Eintritt der Lichtwellen, die nur von 10,8 Centimeter Entfernung ausgehen, eingerichtet ist. Wir wollen nun sehen, was in dieser Hinsicht die beiden von Krause gemessenen Augen ergeben.

3549 Die unmittelbare Messung lehrte, daß der in dem Verlaufe der Augenachse bestimmte Abstand der Hinterfläche der Krystalllinse von der Netzhaut der 50jährigen Frau 10,828 Mm. betrug. Die Rechnung liefert 10,855 Mm. für die letzte Vereinigungsweite der Strahlen, die ursprünglich parallel auf die Hornhaut fallen. Theorie und Erfahrung weichen daher nur um 0,027 oder um $\frac{1}{40}$ Mm., d. h. so gut als gar nicht ab. Stammen dagegen die Strahlen aus 10,8 Centimeter Entfernung, so gleicht ihre Brennweite im Auge 12,989 Mm. Könnte sich das Auge

dem Wechsel der Entfernung nicht anpassen, so würde dann der Vereinigungspunkt 2,161 Mm. hinter der Vorderfläche der Netzhaut liegen. Wir werden in der Folge mehrere Male auf dieses Ergebniß zurückkommen müssen.

Empfängt das Auge des 30jährigen Mannes parallele Strahlen und 3550
nimmt man die Krümmungswerthe, wie sie in dem Anhange dargestellt worden, an, so liegt seine gesammte Vereinigungsweite 15,252 Mm. hinter der Hinterfläche der Linse. Die Mitte der Vertiefung des gelben Fleckes stand aber von dieser um 15,001 Mm. ab. Rechnung und Erfahrung weichen daher hier wiederum nur um 0,251 oder um ¼ Mm. ab. Lag hingegen der Leuchtpunkt 10,8 Centimeter von dem Auge entfernt, so vereinigten sich seine Strahlen 18,434 Mm. hinter der Hinterfläche der Linse und mithin wiederum 3,433 Mm. hinter der Netzhaut.

Anhang Nr. 139. II. a.

Anhang Nr. 139, II. b.

Beide Augen unterscheiden sich noch in ihrem Bau in wesentlicher 3551
Weise. Das der Frau hatte durchgehends stärkere Krümmungen und eine größere und in ihren Schichten ausgebildetere Krystalllinse, als das des Mannes. Der Abstand der Hinterfläche der Linse von der Netzhaut fiel aber in diesem bedeutender, als der Unterschied der Dicken der beiden Krystalllinsen aus. Die Ergebnisse der Rechnung scheinen diese verhältnißmäßig bedeutendere Länge des Glaskörpers des Mannes zu erklären.

Wollen wir ein abgekürztes Verfahren für das von Krause ge- 3552
messene Auge der Frau anwenden, so können wir die Hornhaut und die wässerige Feuchtigkeit als einen sammelnden Meniscus von dem Brechungsverhältniß der letzteren ansehen, die Krystalllinse als eine einfache Linse betrachten und deren Ablenkungscoefficienten nach der analytischen Formel für geschichtete Linsen berechnen oder aus der früheren Bestimmungsweise herübernehmen und den Ablenkungsunterschied des Glaskörpers und der wässerigen Feuchtigkeit vernachlässigen. Wenden wir dieses annähernde Verfahren für den Fall, daß parallele Strahlen eintreten, an, so finden wir 10,778 Mm. als letzte Vereinigungsweite. Die genauere Berechnung lieferte 10,858 Mm. (§. 3549.). Diese nahe Uebereinstimmung rührt jedoch nur davon her, daß uns zuverlässige Grundwerthe aus den früheren Rechnungen zu Gebote standen.

Anhang Nr. 135. Gleich. Nr. 1, 2.

Anhang Nr. 144.

Größe des Netzhautbildes. — Wir haben §. 3540. gefunden, 3553
daß die Netzhautbilder aller äußeren Gegenstände, die deutlich gesehen werden können, verkleinert ausfallen müssen. Kennen wir die lineare Ausdehnung und die Entfernung des leuchtenden Körpers, und wissen wir alle zur Berechnung der Vereinigungsweite nöthigen Werthe, so sind wir auch im Stande, die Größe des entsprechenden Netzhautbildes zu berechnen.

Anhang Nr. 145, Gleich. Nr. 1, 2, 3, 4.

Wir wollen das von Krause gemessene Auge der 50jährigen Frau 3554
hier, wie in allen folgenden Bestimmungen, zum Grunde legen, weil in ihm die wechselseitigen Grundzahlen mit einer sonst nicht erreichten Genauigkeit gegeben sind. Die berechnete und die gemessene Vereinigungsweite fallen in ihm fast genau zusammen (§. 3549. und 3552.). Krause bemerkt überdies selbst, daß jener Augapfel zu den ausgezeichnetsten, die

ihm je vorgekommen sind, gehörte. Der des Mannes führt zu keinen so sicheren Grundlagen."

3555 Nehmen wir an, ac, Fig. 248., sei die lineare Ausdehnung eines gesehenen Gegenstandes und bd dessen umgekehrtes Netzhautbild, so nennt

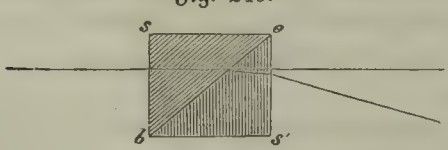
Fig. 248.

man die idealen geraden Linien, ab und cd, welche die entsprechenden Punkte a und b, so wie c und d des Gegenstandes und des Bildes wechselseitig verbinden, die Richtungslinien. Der Winkel axc, der von den Richtungslinien der äußersten Endpunkte a und c des Gegenstandes eingeschlossen wird, heißt der Gesichtswinkel und sein Scheitel x der optische Mittelpunkt des Auges oder der Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

3556 Denken wir uns, mno, Fig. 248., sei die Verlängerung der Sehachse und ma der leuchtende, senkrecht auf m stehende Gegenstand, so wird am die Größe und mn die Entfernung derselben von der Hornhaut bezeichnen. Ist mn unendlich oder überhaupt sehr groß, so können wir xm statt mn ohne merklichen Fehler setzen. Da nun axm den Gesichtswinkel für diesen Fall bildet, so wird der Quotient der Größe des Gegenstandes und seines Abstandes vom Auge, nämlich $\frac{am}{mx}$ der Tangente des Gesichtswinkels gleichen.

Das Rochow'sche Mikrometer, das man häufig zu astronomischen, nautischen oder strategischen Zwecken in Fernröhre einschaltet oder zur Bestimmung der Vergrößerung derselben vor ihnen anbringt, kann auch zur Ermittelung des Gesichtswinkels eines hinreichend fernen Gegenstandes gebraucht werden. Zwei rechtwinkelige Bergkrystallprismen sob und $s'ob$, Fig. 249., sind so zusammengekittet, daß sb und $s'o$ parallel liegen und daß die optische Achse von sbo senkrecht auf sb und die von $s'ob$ senkrecht auf der in der Fig. dargestellten Ebene steht. Fällt ein Strahl rechtwinkelig auf sb, so wird der gewöhnliche Strahl gerade durchgehen und der außergewöhnliche um eine bestimmte Winkelgröße, die sich aus der bekannten doppelt brechenden Kraft des Bergkrystalls und dem Winkel bos' des zweiten Prisma's ergiebt, abweichen.

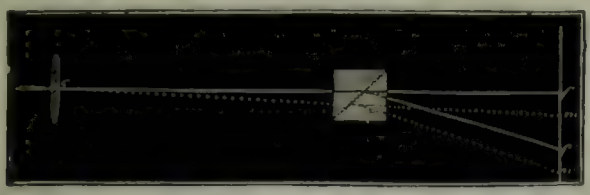
Fig. 249.



Denken wir uns nun, wir bringen ein solches Prisma hinter dem Objectiv

c, Fig. 250., eines Fernrohres an, und fangen die Bilder auf einer passenden Wand auf, so erhalten wir das eine Bild in fm und das zweite in $f'm'$. Der Winkel, den die

Fig. 250.



gewöhnlichen und die außerordentlichen Strahlen machen, ändert sich nicht. Wir können daher auch das Doppelprisma so weit von dem Objectiv c entfernen, daß sich die Ränder der beiden Bilder, wie es Fig. 251. andeutet, berühren. Das Ocular des Fernroh-

Fig. 251.

res ist aber im Stande, die Bilder, die wir eben auf eine Wand fallen ließen, in gleicher Weise vergrößert zur Anschauung zu bringen. Denn wir haben hier ähnliche Verhältnisse, wie sie bei dem Gebrauche eines zusammengesetzten Mikroskopes vorkommen [1]) (§. 3459.).

Weiß man die Brennweite des Objectivs des Fernrohrs, den Winkel, unter welchem der gewöhnliche und der außergewöhnliche Strahl für das gegebene Doppelprisma abweichen, und die Entfernung des letzteren von den Bildern, sobald sich diese auf die Fig. 251. dargestellte Weise berühren, so kann man hieraus den Gesichtswinkel des Gegenstandes berechnen. Seine Tangente gleicht nämlich der Tangente des beständigen Abweichungswinkels der beiden Bilder, multiplicirt mit der Entfernung des Bildes von dem Prisma und getheilt durch die Brennweite des Objectivs des Fernrohrs. Dieses Verfahren ist so viel ich weiß, zu physiologischen Versuchen noch nicht benutzt worden.

Da die Tangente eines Winkels von $45^0 = 1$ ist, so haben wir 3557
hierin ein Mittel, uns einen Normalwerth der Größe der Netzhautbilder für gewisse Entfernungen der Leuchtpunkte zu verschaffen. Wir können dann sogleich die wahre Größe des Netzhautbildes finden, so wie uns der Gesichtswinkel, unter dem sich ein gegebener passender Gegenstand darstellt, bekannt ist. Wir wollen uns dieses in einigen Beispielen klar machen.

Der Einheitswerth unendlich ferner Körper, deren Strahlen das Auge der 50jährigen Frau trafen, gleicht 12,853 Mm. für einen Gesichtswinkel von 45°. Die Sonne erscheint uns am ersten Julius unter einem Ge- Anhang Nr. 145.
sichtswinkel von 0° 31′ 34″. Es ergiebt sich hieraus, daß der Durchmesser ihres Netzhautbildes 0,118 Mm. in jenem Falle betrug.

Der hellste Fixstern im Zeichen der Leier hat nach Herschel 0°0′0″3. Anhang Nr. 146.
Sein Netzhautbild würde dann 0,0000187 Mm. in dem erwähnten Auge, wenn es ihn noch hätte sehen können, eingenommen haben.

Gehen wir zu den endlichen Entfernungen über, so wollen wir zwei 3558
Beispiele, auf die wir in der Folge zurückkommen, wählen. Ein gutes

[1]) Ueber eine zweckmäßige Anwendung dieser Vorrichtung bei Fernröhren s. Arago in Poggendorff's Annalen. Bd. LXXI. Leipzig, 1847. 8. S. 405 — 407.

Auge erkennt noch eine Breite von $^1/_{10}$ Mm. ohne große Anstrengung unter den keineswegs günstigsten Bedingungen der Beleuchtung. Ein Gesichtswinkel von ungefähr 6° umschreibt aber das Feld, das ich ohne Drehung des Augapfels auf einmal überblicke.

Anhang Nr. 145. Würde das Auge der Frau einen $^1/_{10}$ Mm. breiten Streifen, der 42 Centimeter entfernt lag, gesehen haben, ohne seine inneren Theile der Anpassung wegen zu verändern, so hätte das Netzhautbild 0,00313 Mm. betragen müssen. Wäre aber die Entfernung dieselbe geblieben und der Gegenstand 5 Centimeter lang geworden, so hätte der Gesichtswinkel Anhang Nr. 146. 6°47′ und das Netzhautbild 1,56 Mm. ausgemacht. Stand es so, daß es von der Sehachse in seiner Mitte senkrecht getroffen wurde, so nahm es daher 0,78 Mm. zu jeder der beiden Seiten derselben ein.

3559 Lage des optischen Mittelpunktes. — Die meisten älteren und neueren Physiker verlegten ihn in die Mitte des Sehloches und zwar in die Ebene der Regenbogenhaut [1]). Mile [2]) und Stamm [3]) versetzten ihn in den Mittelpunkt der sphärisch gedachten Krümmung der Vorderfläche der Hornhaut. Brewster [4]) war, so viel ich weiß, der Erste, der aus optischen Gründen annehmen zu müssen glaubte, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien mit dem Drehpunkte des Auges zusammenfalle. Volkmann [5]) lieferte eine Reihe von Versuchen, welche diesen Satz unmittelbar beweisen sollten. Rochon dagegen soll schon vor längerer Zeit zu dem Ergebnisse gelangt sein, daß der Ort des optischen Mittelpunktes in das hintere Ende des ersten Drittheils der Augenachse fällt. Fries [6]) bemühte sich, denselben Ausspruch durch Rechnungen, denen manche willkürliche Annahme zum Grunde liegt, zu erhärten. Moser [7]), der die bald zu erläuternden Hauptpunkte bestimmte, fand, daß diese, wenn das Bild auf die Netzhaut gelangen soll, 6,395 und 6,519 Mm. hinter der Hornhaut lägen. Die älteren Augenmessungen und ein zu kleines Ablenkungsverhältniß der ganzen Linse (§. 3511.) lagen diesen Bestimmungen zum Grunde. Volkmann [8]) nahm endlich nach seinen neueren Versuchen an, daß der optische Mittelpunkt um 8,956 Mm. von der Mitte der Vorderfläche der Hornhaut im Durchschnitt abstehe.

Moser [9]) suchte bei seinen Rechnungen von den mathematischen Formeln, die Bessel für eine Reihe von Linsen aufgestellt hatte, auszugehen. Listing [10]) gebrauchte die

---

[1]) Siehe z. B. Herrschel, a. a. O. S. 161.
[2]) Mile, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XLII. Leipzig 1837. 8. S. 57 fgg.
[3]) Stamm, ebendaselbst. Bd. LVII. 1842. 8. S. 370.
[4]) D. Brewster, Populäres vollständiges Handbuch der Optik. In das Deutsche übersetzt von J. Hartmann. Bd. II. Quedlinburg und Leipzig, 1835. 8. S. 78. 79.
[5]) A. W. Volkmann, Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 26 — 40.
[6]) Fries a. a. O. S. 45.
[7]) Moser, a. a. O. S. 373.
[8]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 289.
[9]) Moser, a. a. O. Seite 339 fgg.
[10]) Listing, Beitrag zur physiologischen Optik. Göttingen, 1847. 8. S. 7 fgg.

von Gauß aufgestellten Begriffe der Hauptpunkte zu seinen allgemeinen Betrachtungen über die im Auge stattfindenden Brechungen. Man hat hiernach zwei mit den Entfernungen des Leuchtpunktes wechselnde Knotenpunkte. Trifft ein Strahl den vorderen von diesen in einer bestimmten Richtung, so braucht man nur eine dieser parallele Linie von dem zweiten Knotenpunkte zu ziehen, um dessen Bahn im Glaskörper zu erhalten.

Volkmann [1]) maß die Breite der Regenbogenhaut des Menschen, dessen Auge untersucht werden sollte. Der Augapfel wurde stark nach außen gewendet und so gestellt, daß die Sehachse *ca*, Fig. 252., längs der Linie *cb* eines Winkelstabes *bcd* hinging.

Fig. 252.

Der Winkel *bcd* betrug 82°. Eine Stecknadel befand sich in *b* und eine Lichtflamme oder eine glühende Platinkugel bei *d*. Das Bild von dieser schimmert in hellen Augen bei *x* durch die harte Haut durch [2]). Man mißt den Abstand des Punktes *x* von dem Rande der Hornhaut, addirt die Hälfte der Irisbreite hinzu und erhält auf diese Weise *xc*. Man zeichnet sich endlich ein Auge nach Krause's Messungen auf Papier, trägt *xc* und *ca* ein, und sucht nun die Lage des Punktes *y* zu bestimmen.

Man sieht leicht, daß diese Versuchsweise keine zuverlässigen Ergebnisse liefern kann. Berücksichtigen wir auch nicht, daß die Mitte der Regenbogenhaut nicht genau dem Durchgangspunkte der Sehachse der etwas seitlichen Lage des Sehloches wegen zu entsprechen pflegt, und daß die nothwendiger Weise sehr schief einfallenden Strahlen abweichenden Brechungsverhältnissen unterliegen, so hat doch das durchschimmernde Bild nicht Schärfe genug, damit der Abstand seiner Mitte von dem Hornhautrande bis auf kleinere Bruchtheile einer Linie bestimmt zu werden vermöchte. Die Unterschiede, welche die an einem und demselben Auge angestellten Messungen ergaben, betragen in der That 1‴,08; 0‴,36; 0‴,12; 0‴,60 und 0‴,27 in fünf Versuchsreihen. Wir haben daher im Durchschnitt 0‴,49 = 1,1 Mm. Ungewißheit, d. h. eine für diese Frage bedeutende Größe. Legt man ein fremdes Auge den lebenden zum Grunde, so vergleicht man zwei Gesichtswerkzeuge, deren Innengebilde verschiedene relative Größen und ungleiche Kräfte besitzen können. Die Sicherheit der Grundlage der Untersuchung geht auf diese Weise verloren.

Die Lage des optischen Mittelpunktes hängt von der Größe des Netz- 3560
hautbildes und von der des Gesichtswinkels ab. Seine Entfernung von der Netzhaut oder dem hinteren Ende der inneren Sehachse gleicht dem Producte der linearen Ausdehnung des Netzhautbildes und der Cotangente des Gesichtswinkels. Die Größe des ersteren richtet sich aber nicht bloß nach der Länge und der Entfernung des gesehenen Gegenstandes, sondern in allen Fällen auch nach den Krümmungsflächen, den Dicken und den

Anhang Nr. 146 Gesetz Nr. 1

[1]) Volkmann, a. a. O. S. 287.
[2]) Vergl. auch Hueck a. a. O p. 27.

Brechkräften der Augenlinsen. Es ist daher unmöglich, im Allgemeinen zu sagen, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien so und so viele Millimeter hinter der Hornhaut liegt. Wir müssen vielmehr die Aufgabe für ein gegebenes Auge lösen. Das der 50jährigen Frau liefert uns alle Werthe, die zur Beantwortung dieser Frage nöthig sind.

3561 Setzen wir die Länge der äußeren Augenachse desselben = 1, so lag Anhang Nr. 146. der optische Mittelpunkt unendlich ferner centraler Strahlen, die sich auf der Netzhaut vereinigen, 0,371 vor dem vorderen und 0,629 vor dem hinteren Ende derselben oder $^{37}/_{100}$ von ihr hinter der Mitte der Vorderfläche der Hornhaut und $^{13}/_{100}$ vor der Mitte der äußeren Augenachse. Drücken wir die Ortsbeziehungen in Millimetern aus, so haben wir 8,5 Millimeter hinter der Mitte der Hornhaut, 1,1 Mm. vor dem Mittelpunkte der Krümmung derselben, 4,9 Mm. hinter der Vorderfläche der Linse, 2,1 Mm. vor der Hinterfläche derselben und 3,0 Mm. vor der Mitte der äußeren Augenachse. Der optische Mittelpunkt fiel hier in den Kern der Linse und zwar beinahe gerade an die Grenze des ersten und des zweiten Drittheiles desselben. Die genaueren Rechnungswerthe sind in Nr. 146. des Anhanges verzeichnet.

3562 Will man die Lage jenes Kreuzungspunktes für eine endliche Entfernung berechnen, so stößt man auf eine Unbestimmtheit, welche die Nebenverhältnisse herbeiführen. Wir haben früher (§. 3549.) gesehen, daß das Bild um so weiter nach hinten rückt, je näher der Gegenstand kommt. Diejenigen Forscher, die ein Anpassungsvermögen des Auges annehmen, setzen voraus, daß gewisse innere Veränderungen, die wir später kennen lernen werden, das Bild bis auf die Netzhaut vorschieben. Es muß sich daher auch hierdurch seine Größe und mithin die Lage des optischen Mittelpunktes ändern. Andere Beobachter dagegen glauben, daß selbst die Zerstreuungskreise, die, bei unveränderter Lage des Bildes, auf der Netzhaut entstehen, die Klarheit des Sehens nicht stören. Die Rechnung bleibt daher für den letzteren Fall so einfach, als früher. Wir wollen sie für diese Bedingung durchführen, weil es noch nicht mit Gewißheit ausgemacht ist, welche inneren Veränderungen die Anpassung einleiten. Es fehlt uns daher jede sichere Grundlage, um einen anderen Weg einzuschlagen.

3563 Bedienen wir uns der abgekürzten Berechnung (§. 3552.), so gleicht Anhang Nr. 144. die Vereinigungsweite unendlich ferner Strahlen 10,778 Mm. für das Auge der 50jährigen Frau. Steht hingegen der Leuchtpunkt 42 Centimeter von der Mitte der Hornhaut ab, so erhalten wir 11,462 Mm. für Anhang Nr. 146. den gleichen Werth. Die Annäherung rückt daher das Bild um 0,684 Mm. weiter nach hinten. Man sollte nun glauben, daß sich das Gleiche für den optischen Mittelpunkt wiederholen wird. Allein die Formeln lehren, daß dieses nicht nothwendig ist. Der Kreuzungspunkt liegt sogar in unserem Beispiele etwas weiter nach vorn. Befand er sich 8,53 Mm. hinter der Mitte der Hornhaut für parallele Strahlen, so kommt er 8,44 Mm. hinter jener für 42 Centimeter Entfernung des Leuchtpunktes von der

Hornhaut[1]). Man sieht, daß beide Fälle den nur unbedeutenden Unterschied von 0,09 oder nicht ganz $^1/_{10}$ Mm. liefern. Die ganze Berechnung kann aber nachweisen, daß hier die scheinbar kleinsten Unterschiede von Wichtigkeit sind.

Die Lage des optischen Mittelpunktes kann zur Bestimmung zweier 3564
Größen, der des Gesichtswinkels und der linearen Ausdehnung des Netzhautbildes benutzt werden. Die Astronomen brauchen ihren Gesichtswinkel für unendliche Entfernungen. Da hier der Abstand des optischen Mittelpunktes von der Hornhaut verschwindend klein ist, so ist es gleichgültig, wohin man den optischen Mittelpunkt verlegt. Handelt es sich um die Größe der Netzhautbilder und zwar vorzüglich naher und größerer Gegenstände, so kann schon eher ein Einfluß in der Rechnung hervortreten.

Wechsel der Vereinigungsweite mit Verschiedenheit der 3565
Entfernung. — Der Unterschied der Brennweite steigt nicht in gleichem Verhältniß mit dem Abstande des Leuchtpunktes. Er vergrößert sich um so mehr, je näher der Gegenstand der Gruppe der Brechungslinsen rückt. Wir wollen uns dieses durch die Zahlen, die wir für das Auge der 50jährigen Frau gefunden haben, anschaulich machen.

Halten wir uns an die Ergebnisse der abgekürzten Berechnung (§. 3552.), so vereinigen sich Strahlen, die aus unendlicher Ferne kom- Anhang Nr. 148.
men oder parallel auf die Hornhaut fallen, 10,778 Mm. hinter der Hinterfläche der Linse. Der von Krause gemessene Abstand glich 10,828 Mm. Der Brennpunkt läge hiernach 0,05 Mm. vor der Netzhaut. Sollen sich die Strahlen genau an der Oberfläche derselben sammeln, so muß der Leuchtpunkt 10,379 Meter von dem Auge abstehen. Liegt er 2,023 Meter entfernt, so erhalten wir 10,914 Mm. als Vereinigungsweite. Ein Abstand von 42 Centimetern giebt schon 11,462 Mm. und ein solcher von 10,8 Centimeter 13,034 Mm. Stellen wir uns daher die gegenseitigen Unterschiede übersichtlich zusammen, so finden wir:

Entfernung des Leuchtpunktes in Centimetern.	Abstand der Vereinigungsweite von der Hinterfläche der Linse in der Augenachse gemessen.	Abweichung der Vereinigungsweite von der Oberfläche der Netzhaut.	Gegenseitiger Unterschied der Brennweiten für endliche Entfernungen.	
			Verschiedenheit der Entfernng. in Centim	Verschiedenheit der Brennweiten in Mill.
Unendlich	10,778	— 0,050	—	—
1037,9	10 828	0,00	—	—
202,3	10,914	+ 0 086	835,6	0,086
125,0	10,980	+ 0,152	77,3	0,066
42,0	11,462	+ 0,634	83,0	0,482
10,8	13,034	+ 2,206	31,2	1,572

[1]) Die näheren Werthe sind wiederum Nr. 146. des Anhanges angegeben.

Wir sehen hieraus, daß der Unterschied immer merklicher wird, je näher der Leuchtpunkt liegt. Größere Entfernungen dagegen weichen unter einander verhältnißmäßig so wenig ab, daß die Schärfe der Bilder nur in untergeordneterem Maaße unter dem Wechsel der Abstände leiden kann. Die 31,2 Centimeter, die zwischen 42 und 10,8 Centimeter liegen, geben eine 18- bis 19mal so große Abweichung, als die 835 Centimeter, die sich zwischen 10,379 und 2,023 Meter befinden.

3566 **Sehweite.** — Ein vollkommen gesundes Auge erkennt die Gestirne oder andere unendlich ferne Gegenstände eben so gut mit annähernder Deutlichkeit, als mäßig große Druckschrift, die 4 Zoll oder 10,8 Centimeter vor der Hornhaut gehalten wird. Es faßt aber Gegenstände, die in gewissen Entfernungen liegen, mit verhältnißmäßig größter Schärfe auf. Man nennt die weiteste Grenze, die es deutlich wahrnimmt, den **Fernpunkt** und die kleinste den **Nahepunkt**, die Ausdehnung dagegen, die zwischen beiden enthalten ist, die **Sehweite**.

3567 Zweierlei Verhältnisse machen es unmöglich, den Umfang der Sehweite mit solcher Genauigkeit, als es für die mathematische Untersuchung mancher Fragen nöthig wäre, zu ermitteln. Betrachten wir ferne Gegenstände, so hängt der Abstand, bei dem sie undeutlich werden oder gänzlich verschwinden, von der Größe, der Farbe und dem Glanze derselben ab. Man kann daher schon dieses Grundes wegen die verschiedensten Ergebnisse an einem und demselben Auge erhalten. Wir wissen aber überdies nicht, ob wir nicht die Fähigkeit besitzen, kleine Zerstreuungskreise mit gehöriger Bestimmtheit aufzufassen Wäre dieses der Fall, so würde es natürlich unmöglich sein, die optischen Berechnungen der Vereinigungsweite des Auges und deren fernere Folgen auf die Betrachtung der Erscheinungen der Sehweite mit Sicherheit überzutragen.

3568 Man pflegt diejenige Entfernung, in der mittelgroße Gegenstände am deutlichsten wahrgenommen werden, mit dem Namen der **mittleren Sehweite** zu bezeichnen. Dieser Ausdruck schließt eine noch größere Unbestimmtheit in sich, weil die Grundlage, auf die man sich stützt, mehr oder minder willkürlich ist. Die verschiedenen Zahlen, welche die einzelnen Forscher in dieser Hinsicht angeben, bestätigen jenen Ausspruch. Die meisten Optiker nehmen 16 bis 32 Centimeter, **Huyghens** dagegen 49 und **Beer** sogar 54 Centimeter für die mittlere Sehweite gesunder Menschen an[1]).

3569 Mehrere ältere Forscher haben schon darauf aufmerksam gemacht, daß die Sehweite mit der Verschiedenheit der Farben wechseln kann. **Young**[2]) bemerkte überdies, daß sie auffallend abweicht, je nachdem der betrachtete Gegenstand eine wagerechte oder eine senkrechte Lage hat. Sie fiel in seinem Auge fast ½ mal so groß in dem ersteren Falle aus (§. 3727.).

3570 Dreierlei Verhältnisse bestimmen überhaupt diejenigen Erscheinungen,

---

[1]) Hueck, a. a. O. S. 18.

[2]) Th. Young, in den Philosophical Transactions for the Year 1801. Part. I. London, 1801. 4. pag. 52.

von denen die Sehweite abhängt. Die Brechungskörper des Auges haben ihre gegebene, von den Entfernungen abhängige Vereinigungsweite. Könnte unsere Netzhaut nur dann vollkommen deutlich sehen, wenn das Bild Punkt für Punkt den Gegenstand genau wiedergiebt oder wenn alle Zerstreuungskreise mangeln, so würde ein unveränderlicher Zustand des Auges eine gegebene Entfernung des Leuchtpunktes als wechselseitige Brennweite fordern. Die Bestimmung der Sehweite wäre dann gerechtfertigt. Wir werden aber in der Folge finden, daß jene Voraussetzung der Natur der Verhältnisse widerstreitet.

Ein zweites Bedingungsglied bildet das Verhältniß der Größe des 3571
Gegenstandes zu der Entfernung desselben oder, was das Gleiche ist, der Gesichtswinkel, unter dem wir ihn erblicken (§. 3555.). Wir werden finden, daß dieser weder zu groß, noch zu klein sein darf, daß sich der Umfang des Netzhautbildes innerhalb gewisser Grenzen halten muß, wenn nicht die Schärfe der Wahrnehmung oder die Auffassung überhaupt unmöglich werden soll.

Der Thätigkeitsgrad der Netzhaut kommt endlich als dritte Bestim- 3572
mungsgröße hinzu. Arbeitet die Nervenhaut mit geringerer Kraft, so hat der gleiche Grad von Deutlichkeit ein heller erleuchtetes Netzhautbild nöthig. Es ergiebt sich aber von selbst, daß andere Nebenverhältnisse, wie z. B. ein zu kleiner Umfang des Sehloches, schwache Trübungen der Brechungsmittel, eine weniger ausgesprochene Schichtung dieselben Folgen nach sich ziehen werden. Man sieht hieraus, daß die bloße Bestimmung der Sehweite, wenn sie auch mit befriedigender Genauigkeit durchgeführt werden könnte, weniger, als es auf den ersten Blick scheint, zu lehren im Stande wäre.

Anpassung des Auges. — Es kommt ausnahmsweise vor, daß 3573
ein Mensch nur in einer bestimmten Entfernung vollkommen deutlich sieht. Es gehört dagegen zur Regel, daß sich die Sehweite nicht auf einen einzelnen Abstand beschränkt, sondern einen größeren oder kleineren Umfang besitzt. Liegen aber der Fernpunkt und der Nahepunkt um eine bestimmte Größe aus einander, so muß das Auge oder das Gehirn die Fähigkeit besitzen, die optischen Störungen, die der Wechsel der Entfernung herbeiführt, auf irgend eine Weise unschädlich zu machen. Setzt man voraus, daß sich die einzelnen Theile der Gesichtswerkzeuge zu diesem Zwecke verändern, so schreibt man hiermit ein Anpassungsvermögen oder eine Accommodationskraft den Sehorganen zu.

Es ist bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse unmöglich, 3574
die uns hier beschäftigende Aufgabe mit Sicherheit zu lösen. Man kennt noch nicht die mathematische Natur der krummen Oberflächen der Augenmittel. Es läßt sich nicht bestimmen, ob sich nicht einzelne von ihnen gegenseitig ausgleichen, so daß manche Unvollkommenheit, die sonst vorhanden wäre, beseitigt wird. Nimmt man aber auch nur die Sphäricität der Einfachheit wegen für den ruhenden Zustand an, so ist es völlig unbekannt, welche Krümmungen bei den Formveränderungen der Hornhaut oder der Linse zu Stande kommen würden. Man sieht, daß die optische

Grundlage, von der man bei der Beantwortung der Frage ausgehen muß, die wesentlichsten Zweifel offen läßt.

3575 Der physiologische Theil der Untersuchung bietet keine größere Sicherheit dar. Wir werden später finden, daß wir viele Bilder, die unzweifelhafte Zerstreuungskreise enthalten, wenigstens nicht mit allzugroßer Undeutlichkeit erblicken. Kennen wir nun nicht die Grenze, bei der dieses Vermögen, unsere Eindrücke zu ergänzen, unzureichend wird, sind wir auf diese Weise nicht zu bestimmen im Stande, wo das Anpassungsvermögen beginnen muß, so fehlt uns der wesentlichste Ausgangspunkt, den wir selbst zu der annähernden Lösung der Aufgabe nöthig haben.

3576 Die Ansichten, denen wir hier begegnen, fußen auf zweierlei gewissermaßen entgegengesetzten Ansichten. Die Einen stützen sich auf die optischen Verhältnisse allein. Die Brennweiten müssen mit der Verschiedenheit der Entfernungen der Leuchtpunkte wechseln. Dieser Uebelstand kann nur durch physikalische Mittel oder durch ein besonderes Anpassungsvermögen beseitigt werden. Die Anderen dagegen stellen dieses in Abrede. Der Wechsel der Vereinigungsweite bildet zwar nach ihnen eine optische Nothwendigkeit. Er wird aber durch physiologische und nicht durch mechanische Mittel ausgeglichen.

3577 Giebt man ein Anpassungsvermögen zu, so fragt es sich zunächst, ob sein Umfang in verschiedenen Augen in wesentlicher Art abweicht oder nicht. Berücksichtigen wir nämlich die §. 3565. erläuterten Erscheinungen, so kann hier die bloße Bestimmung der Entfernungen in hohem Grade täuschen. Nehmen wir an, das Auge der 50jährigen Frau habe seinen Fernpunkt bei 1037,9 und seinen Nahepunkt bei 202,3 Centimeter gehabt, so glich seine Sehweite 835,6 Centimeter und der Unterschied der beiderseitigen Vereinigungsweiten etwas weniger, als $\frac{1}{10}$ Millimeter. Ein ähnliches Auge dagegen, dessen Fernpunkt bei 202,3 Centimeter liegt, könnte nur eine Sehweite von weit geringerem Umfange besitzen, wenn die Verbesserung, die sein Anpassungsvermögen herbeizuführen vermag, ebenfalls nur $\frac{1}{10}$ Mm. ausmacht. Es ergiebt sich zugleich, daß es sich hier vorzugsweise um die Erklärung der Deutlichkeit des Sehens bei sehr geringen Abständen handelt.

3578 Man hat die Gründe des Anpassungsvermögens in der Veränderung der Augenachse, dem Krümmungswechsel der Oberfläche der Hornhaut oder der Krystalllinse, der Verschiedenheit der Weite des Sehloches und den Ortsbewegungen der Linse gesucht. Es läßt sich beweisen, daß der größte Theil dieser Voraussetzungen auf unbegründeten oder selbst auf unrichtigen Annahmen beruht.

3579 Kepler[1]), der zuerst die Anpassung auf optischem Wege zu erklären sich bemühte, und mehrere der hierbei möglichen Nebenverhältnisse besprach, hielt es unter Anderem für denkbar, daß sich die Länge der Augenachse mit der Mannichfaltigkeit der Abstände der Leuchtpunkte verändert. Viele spätere Forscher waren der Ansicht, daß die Augenmuskeln diese

[1]) J. Keplери, Dioptrice in Galilei Sidereus Nuncius. Londini, 1653. 8. p. 116. 117.

Verbesserung herbeiführen können. Sie sollten den mit flüssigen und halbfesten Körpern gefüllten Augapfel seitlich zusammendrücken und so auf den von vorn nach hinten gehenden Durchmesser desselben wirken. Molinetti[1]) behauptete, daß die Thätigkeit der geraden Augenmuskeln die Sehachse verkürzt. Sie werde daher bei dem Fernsehen in Anspruch genommen. Bohn, Boerhave, Camper, Olbers[2]), Home und viele andere Forscher nahmen die geraden Augenmuskeln bei dem Nahesehen, für das sich die Augenachse verlängern müßte, in Anspruch. Noch Andere, wie Le Camus, Rouhault, Hamberger, Luchtmanus[3]), haben die gleiche Rolle den schiefen Augenmuskeln zugeschrieben. Monro und Himly[4]) glaubten endlich, daß das Zusammenkneifen der Augenlider oder die Thätigkeit des Kreismuskels derselben das Nahesehen möglich macht.

Wechselte die Länge der Sehachse, so müßte sich auch die Krümmung 3580
der Hornhaut verändern. Wir wollen daher sogleich die Gestaltverhältnisse von dieser in Betracht ziehen. Nimmt ihr Krümmungshalbmesser ab, vergrößert sich daher ihre Biegung, so wird die Vereinigungsweite des ganzen Auges der Linse näher rücken. Dieser Umstand könnte daher das für das Fernsehen ursprünglich eingerichtete Gesichtsorgan für die Auffassung naher Gegenstände geschickt machen. Die meisten Forscher, die das Anpassungsvermögen von der Hornhaut herleiten, gehen von dieser Voraussetzung aus. Nur wenige nehmen an, daß sich jener erste Brechungskörper des Auges abflacht, um dieses für das Fernsehen einzurichten, — eine Ansicht, die sich mit den übrigen optischen Verhältnissen kaum vereinigen läßt.

Viele Beobachter leiten die Krümmungszunahme von dem Drucke der Augenmuskeln her. Bruecke[5]) schreibt die gleiche Wirkung dem Crampton'schen Muskel des Vogelauges zu. Olbers[6]), Fries[7]) und Vallée[8]) fanden es nach ihren Rechnungen am wahrscheinlichsten, daß die Hornhaut die Anpassung vermittle.

Man hat häufig zu berechnen gesucht, um wie viel der Krümmungs- 3581
halbmesser der Hornhaut abnehmen müßte, wenn hierdurch der Unterschied der Vereinigungsweiten ferner und naher Strahlen gedeckt werden sollte. Nehmen wir z. B. an, die Vereinigungsweite paralleler fiele gerade auf die Netzhaut der 50jährigen Frau, so würde sich das Gleiche für 10,8 Centimeter Entfernung wiederholen, wenn der Krümmungshalbmesser der Hornhaut ungefähr um $\frac{1}{5}$ seiner früheren Größe kürzer wird. Da aber diese Veränderung ohne einen Wechsel der Augenachse nicht gedacht wer-

Anhang Nr. 149.

---

[1]) Haller, a. a. O. pag. 511.
[2]) Olbers, a. a. O. pag. 25 fgg.
[3]) G. J Luchtmanus, Diss. de mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti ejusque causa. Trajecti ad Rhenum 1832. 8. p 18. u. p. 40 fgg.
[4]) Hueck, a. a O. S. 37.
[5]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1846 S. 370 — 375
[6]) Olbers, a. a. O. p 32.
[7]) Fries, a. a. O. S. 33.
[8]) Vallée, in den Comptes rendus de l'Academie de Paris. Octobre 1847. p. 501.

den kann, so wollen wir die Werthe für den Fall, daß sich beide Einflüsse geltend machen, berechnen.

3582 Die Vereinigungsweiten paralleler und 10,8 Centimeter entfernter Strahlen liegen um 2,26 Mm. aus einander. Gesetzt die Sehachse verlängerte sich um diesen Werth auf irgend eine Weise bei dem Nahesehen, so würde sich natürlich der Abstand des Leuchtpunktes um dieselbe Größe verkleinern. Setzen wir dieses voraus, so müßte der Krümmungshalbmesser der Hornhaut um 17 bis 18 Hunderttheile oder $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ des Grundwerthes abnehmen.

Anhang Nr. 149.

3583 Wir haben bis jetzt immer vorausgesetzt, daß das Bild nur die Oberfläche der Netzhaut berührt. Es liegt aber kein Grund vor, daß dieses nothwendiger Weise stattfindet. Da die frische Netzhaut einen hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzt, so kann man sich auch vorstellen, daß Bilder, die in ihr Inneres fallen oder überhaupt ihre Masse an irgend einem Orte treffen, klar aufgefaßt werden.

Die Dicke der Netzhaut der 50jährigen Frau glich 0‴,06 oder 0,135 Mm. an dem hinteren Ende der Augenachse. Lassen wir die Jacob'sche Haut bei Seite, so können wir als ungefähren Ueberschlag annehmen, daß hierdurch nahebei der Unterschied der Vereinigungsweiten paralleler Strahlen und solcher, die aus einer Entfernung von 125 Centimeter kommen, gedeckt wird (§. 3565.). Sollte aber der Wechsel der Hornhautkrümmung die Abweichung, welche die Abstände von 125 und von 10,8 Centimeter bedingen, ausgleichen, so müßte sich der Halbmesser immer noch um $\frac{1}{5}$ seines ursprünglichen Werthes verkleinern.

3584 Ginge das Anpassungsvermögen von einer Verlängerung der Augenachse und einem Krümmungswechsel der kugelig gedachten Hornhaut ab, so müßte wahrscheinlich die Abweichung so bedeutend ausfallen, daß sie der unmittelbaren Beobachtung nicht entgehen könnte. Young[1]) hat schon gegen frühere Versuche von Home, Ramsden und Engelfield gezeigt, daß die Erfahrung jene Voraussetzung nicht bestätigt. Betrachtete ich die Hornhaut eines Menschen, der abwechselnd in die Nähe und in die Ferne sah, mit dem Mikroskope, so konnte ich keinen Formenwechsel derselben wahrnehmen. Home und Ramsden versuchten schon, das Verfahren der Bestimmung der Spiegelbilder für die Entscheidung der Aufgabe zu benutzen (§. 3491). Senff[2]), der diese Beobachtungen wiederholte, fand so gut als gar keine Veränderung. Der Krümmungshalbmesser vergrößerte sich sogar im Durchschnitt um einen kleinen Werth, der jedoch noch in den Grenzen der Beobachtungsfehler lag, bei dem Nahesehen. Diese Erfahrungen bestätigen von Neuem, daß die Hornhaut des Menschen die Unterschiede der Vereinigungsweiten nicht decken kann.

3585 Anatomische Gründe bekräftigen das Gleiche. Ein gewaltsamer Druck kann zwar das todte und schlaffe Auge künstlich verlängern. Es läßt sich aber mit Gewißheit voraussetzen, daß sich die Verhältnisse im Leben, wo

---

[1]) Young, a. a. O. p. 53 fgg.
[2]) Volkmann, in Wagner's Handwörterbuch a. a. O. S. 302. 303.

Alles prall gefüllt ist, anders gestalten. Haben auch die Untersuchungen von Bruecke[1]) zu dem Ergebnisse geführt, daß die Hauptmasse des sogenannten Ciliarbandes einen Muskel bildet, so ist es kaum denkbar, daß dieser die Hornhautkrümmung unmittelbar vergrößert. Es läßt sich dagegen nicht mit Bestimmtheit angeben, welchen Einfluß die Anspannung der Aderhaut, die er nach jenem Forscher herbeiführt, auszuüben im Stande ist.

Man findet häufig, daß sich die Pupille bei dem Nahesehen verklei- 3586
nert und bei dem Blicke in die Ferne vergrößert. Manche Schriftsteller glaubten daher, daß das Anpassungsvermögen von diesen Veränderungen abhängt. Mile sucht die Ursache des Wechsels der Vereinigungsweite in der Beugung des Lichtes, die an dem Pupillarrande eintrete. Ich muß bekennen, daß mir der optische Grund dieser Ansicht nicht klar geworden ist. Treviranus[2]) schloß aus den mathematischen Untersuchungen, die er über die Wirkungen geschichteter Kugellinsen anstellte, daß der Größenwechsel des Sehloches hinreicht, die Abweichungen der Vereinigungsweite zu decken. Kohlrausch[3]) hat aber schon ausführlich gezeigt, daß diese Ansicht weder theoretisch richtig ist, noch durch die Beobachtung erhärtet werden kann.

Die Voraussetzung, daß die Größe des Sehloches und die Entfernung des Leuchtpunktes in einer gewissen Wechselbeziehung stehen, hat Lambert[4]), Olbers[5]) und Hueck[6]) bewogen, den Durchmesser der Pupille für eine Reihe verschiedener Abstände des gesehenen Gegenstandes zu bestimmen. Versuche der Art ruhen immer auf einer schwankenden Grundlage, weil sich die Nebenverhältnisse der Lichtstärke, von denen Vieles abhängt, mit hinreichender Sicherheit nicht verfolgen lassen. Ein anderer Bestimmungsgrund liegt vielleicht in der nöthigen Convergenz der beiden Augenachsen.

Betrachtet man die Regenbogenhaut des einen Auges eines Menschen, 3587
der das andere geschlossen hat, mit einem Fernrohre oder einem Mikroskope, so kann man sich nicht selten überzeugen, daß ein abwechselndes Nahe- und Fernsehen möglich ist, ohne daß sich der Durchmesser des Sehloches im Geringsten ändert. Der Versuch gelingt am besten, wenn der Mensch gerade vor sich hinstarrt. Die Annahme, daß der Wechsel der Pupillengröße das Anpassungsvermögen bedingt und mit dem Nahe- und dem Fernsehen nothwendig verbunden ist, fällt hiermit von selbst hinweg. Es kommt aber sogar ausnahmsweise vor, daß sich das Sehloch auf eine den Forderungen jener Theorie entgegengesetzte Weise verändert. Ware kannte eine Frau, deren Sehloch, wenn sie las oder nähte, in höchstem Maaße erweitert war. Die Regenbogenhaut bildete dann einen nur sehr schmalen Saum. Wurde dagegen ein Gegenstand, der 24 Centimeter ab-

[1]) Bruecke, a. a. O. S. 375 — 378. u. Dessen anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. Berlin, 1847. 4. S. 17.
[2]) G. R. Treviranus, Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Bd. I. Heft I. Bremen, 1836. 8. S. 1 — 10.
[3]) R. Kohlrausch, Ueber Treviranus' Ansichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne Rinteln 1836. 4 S. 5 — 23.
[4]) Lambert, in G. R. Treviranus' Beiträge zur Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. Fol. S. 33.
[5]) Olbers a. a. O. pag. 12.
[6]) Hueck a. a. O. S. 47.

stand, betrachtet, so verkleinerte sich die Pupille zu dem Umfange eines Stecknadelknopfes. Faßte endlich die Frau Punkte, die nicht in dieser Entfernung lagen, auf, so soll jene eigenthümliche Thätigkeitsweise der Regenbogenhaut gemangelt haben.

3588 Man hat häufig das Anpassungsvermögen der Krystalllinse zugeschrieben. Manche ältere Forscher[1]), so wie Young[2]), leiteten es von einer Formveränderung dieses Brechungsmittels her. Andere suchten es in einem Ortswechsel desselben[3]). Man bemühte sich sogar, diese Voraussetzung durch Krankheitsbeobachtungen zu unterstützen. Menschen, deren Linse ihrer Trübungen wegen ausgezogen oder von ihrem Orte entfernt worden, sollten ihr Anpassungsvermögen verloren haben[4]). Dieser Satz ist jedoch nichts weniger, als sicher bewiesen worden. Es gab sogar einzelne Staaroperirte, die in verschiedenen, wenn auch beschränkten Entfernungen deutlich sehen konnten.

3589 Berücksichtigt man den concentrisch geschichteten Bau der Linse, so ergiebt sich schon aus den allgemeinen Gleichungen, daß hier der Wechsel der Dicke und der Krümmungshalbmesser einen größeren Einfluß, als in einer einfachen, gleichartigen Linse ausüben kann. Der Hauptgrund dieser Erscheinung liegt in der verhältnißmäßig bedeutenden Aenderung des Krümmungshalbmessers des Kernes, der hier von großem Einflusse ist. Wir wollen uns dieses wieder an dem Auge der 50jährigen Frau klar machen. Wir dürfen aber hierbei nicht vergessen, daß uns diese Berechnung nur ein anschauliches Beispiel der Sache zu liefern vermag. Die Grundlage derselben, daß die Linse sphärische Oberflächen trotz des Wechsels ihrer Dicke und ihrer Krümmungshalbmesser beibehält, ist nicht zu beweisen möglich.

Anhang Nr. 135.

3590 Die Achse der Krystalllinse der 50jährigen Frau betrug ursprünglich 3‴,1 oder 6,993 Millimeter, der Halbmesser der Vorderfläche 2‴,3333 = 5,263 Mm. und der der Hinterseite 1‴,973 = 4,451 Mm. Denken wir uns, die Dicke der Linse vergrößere sich um $^1/_{12}$‴ = 0‴0833 = 0,19 Mm., ohne daß sich das Volumen des Ganzen ändert, so ergiebt die auf der Annahme der Kugelgestalt fußende Rechnung, daß der Halbmesser der Vorderfläche um $^1/_{26}$ bis $^1/_{27}$ und der der Hinterfläche um $^1/_{37}$ seiner früheren Größe abnimmt. Die Halbmesser des Kernes dagegen verkleinern sich unverhältnißmäßig mehr, der der vorderen Seite um $^1/_3$ und der der hinteren um $^1/_{27}$.

Anhang Nr. 150.

3591 Halten wir uns an die ursprünglichen Durchmesser des Auges, so fällt die Vereinigungsweite paralleler Strahlen 10,778 Mm. hinter die Linse. Dieser Werth beträgt 10,980 Mm. für einen Abstand von 125

Anhang Nr. 143 und 150.

---

[1]) Haller, a. a. O. pag. 510. Hueck, a. a. O. S. 56.

[2]) Young, in den Philosophical Transactions for the Year 1801. Part. I. London, 1801. 4. p. 53 fgg.

[3]) Haller, a. a. O. p. 510. Olbers a. a. O. p. 23. Hueck a. a. O. 1839. 4. Seite 60. Moser a. a. O. S. 364. Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. III. S. 303.

[4]) Young, a. a. O. p. 64. Volkmann, Neue Beiträge. S. 170.

und 13,034 für einen solchen von 10,8 Centimeter. Der verhältnißmäßig geringe Unterschied unendlich ferner und nur 125 Centimeter abstehender Strahlen kann möglicher Weise durch die Dicke der Netzhaut ungefähr gedeckt werden (§. 3583.). Die beträchtliche Abweichung dagegen, die wir zwischen 125 und 10,8 Centimeter Entfernung finden, nämlich der Unterschied von 10,980 und 13,034 Mm. läßt sich nicht so leicht beseitigen.

Die Rechnung erhärtet aber, daß die geschichtete Krystalllinse nur um $^1/_{12}$ Linie oder um noch weniger, als $^1/_5$ Mm. an Dicke in ihrer Achse zuzunehmen braucht, damit Gegenständen, die 10,8 Centimeter von der Hornhaut abstehen, dieselbe Vereinigungsweite, wie 125 Centimeter entfernte Leuchtpunkte in dem gesunden Auge darbieten. Jene geringe Veränderung der geschichteten Linse reicht daher schon hin, der nöthigen Anpassung zu genügen. Anhang Nr. 150.

3592 Es ist vorläufig unmöglich, die anatomischen Elemente, welche die Krümmungshalbmesser und die Dicke der Linse, wenn auch nur in unbedeutendem Grade, ändern könnten, nachzuweisen. Glaubten sich ältere Forscher berechtigt, ein gewisses Verkürzungsvermögen den Linsenfasern selbst zuzuschreiben, so konnten die neueren mikroskopischen Untersuchungen diese Ansicht nicht erhärten. Wollte man die gleiche Eigenschaft den einzelnen Gebilden des Ciliarsystems beilegen, so befände man sich auf demselben unsicheren Boden. Es fragt sich auch, ob jene Veränderung der Linse mit einer gleichartigen Verschiebung aller Schichten derselben, welche die theoretische Berechnung annimmt, verbunden sein kann oder nicht.

3593 Der Gedanke, daß das Anpassungsvermögen von bloßen Ortsveränderungen der Linse herrührt, ist schon von Kepler angeregt und in der Folge von Porterfield ausführlicher vertheidigt worden. Viele neuere Schriftsteller haben diese Ansicht ebenfalls angenommen. Wenn aber Manche glaubten, daß die Linse bei dem Nahesehen nicht nach vorn, sondern nach hinten rücken müsse, so können die mathematischen Bestimmungen das Gegentheil beweisen.

3594 Es läßt sich ohne Weiteres einsehen, daß eine bloße Ortsveränderung der Linse, die mit keinem Wechsel des Krümmungshalbmessers irgend eines Brechungskörpers verbunden ist, das Anpassungsvermögen nicht erklären kann. Der Unterschied der Vereinigungsweiten paralleler und 10,8 Centimeter entfernter Strahlen beträgt 2,26 Mm. und der 125 Centimeter und 10,8 Centimeter abstehender 2,05 Mm. in dem Auge der 50jährigen Frau. Es erhellt aber aus den optischen Grundformeln, daß die Linse um mehr, als jene Werthe anzeigen, vorrücken müßte, wenn dieser Stellungswechsel allein das Anpassungsvermögen decken sollte. Die Rechnung liefert in der That 2,58 Mm. für parallele und 2,36 Mm. für 125 Centimeter entfernte Strahlen im Vergleich mit denen, die von einem Abstande von 10,8 Centimeter herkommen. Da die Dicke der wässerigen Feuchtigkeit 2,481 Mm. betrug, so ergiebt sich das Unhaltbare der ganzen Voraussetzung von selbst. Anhang Nr. 148. Anhang Nr. 151.

3595 Hueck[1]) glaubt an Menschen und Thieren beobachtet zu haben, daß sich die Regenbogenhaut bei dem Nahesehen wölbt. Er leitet diese Erscheinung, die noch der sorgfältigeren Bestätigung bedarf, von einem Vorrücken der Linse her. Die Verkürzung der Häute des Ciliarkörpers sollte hierbei mehr Flüssigkeit in den Petit'schen Canal treiben und die Krystalllinse selbst auf diese Weise vorstoßen[2]). Hueck[3]) giebt noch an, daß er jene Ortsverrückung an 19 Personen genauer untersucht und zu 0,18 bis 1,69 Mm. gefunden habe. Man kann nach dem früher Dargestellten mit Recht vermuthen, daß diese Werthe zu klein sind, als daß sie den Forderungen der Rechnung genügen könnten.

3596 Anders verhält sich dagegen die Sache, wenn sich das Vorrücken der Linse mit der Veränderung des Krümmungshalbmessers eines oder mehrerer Brechungskörper verbinden könnte. Man hätte dann zweierlei Veränderungen, die sich wechselseitig unterstützen.

3597 Das Vorrücken der Linse verkürzt jedenfalls die Vereinigungsweite naher Gegenstände. Es braucht daher die Dicke der Linse weniger zu- und jeder ihrer Krümmungshalbmesser in geringerem Grade abzunehmen, damit der Zweck erreicht werden könne. Wäre die Linse allein thätig und schöbe sie zugleich die Ursache, die sie zusammendrückt, nach vorn hin vor, so brauchte sich ihre Achse um weniger als $\frac{1}{3}$ Millimeter zu vergrößern. Bedenken wir nun noch, daß auch der Glaskörper zu den geschichteten Medien gehört[4]) und daß seine Theilnahme die nöthigen Veränderungen noch mehr verkleinern kann, so sieht man, daß es nur sehr geringer Wirkungen zur Deckung des Anpassungsvermögens bedarf, so wie man die Möglichkeit eines Wechsels der Krümmungshalbmesser der Brechungskörper voraussetzt. Genauere Untersuchungen werden noch feststellen müssen, ob der Spanner der Aderhaut (§. 3585.) Veränderungen der Art einzuleiten im Stande ist.

3598 Grimm[5]) nahm an, daß sich die Brechungscoefficienten der Augenmittel bei dem Nahesehen vergrößern. Diese Meinung konnte sich keines Beifalls erfreuen, weil man nicht im Stande war, irgend eine haltbare Ursache, aus der jene Veränderung hervorgehen sollte, anzugeben. Es wäre auch heute noch unmöglich, einen Grund, der die Annahme ohne die Hilfe wesentlicher Nebenverhältnisse erklärte, aufzufinden. Denkt man sich dagegen, daß sich die Krümmungshalbmesser der geschichteten Brechungskörper des Auges auf irgend eine Weise bei dem Nahesehen verkleinern, so nimmt allerdings das gemeinschaftliche Brechungsverhältniß gleichzeitig zu (§. 3517.). Es bedarf daher in dieser Hinsicht eines geringeren Krümmungswechsels, als wenn das Auge aus gleichartigen, nicht geschichteten Ablenkungskörpern gebaut wäre.

---

[1]) Hueck, a. a. O. S. 60.
[2]) Hueck, a. a. O. S. 106.
[3]) Hueck, a. a. O. S. 60.
[4]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1843. S. 345. und Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels. S. 31 u. 65. Hannover in Müller's Archiv. 1845. Seite 130.
[5]) Olbers, a. a. O. pag. 29.

Betrachten wir diejenigen Vorstellungen, welche die Nothwendigkeit 3599
eines Anpassungsvermögens nicht voraussetzen, so hat man zunächst die Dicke der Netzhaut zu Hilfe gezogen. Deckte sie die Unterschiede der Vereinigungsweiten des Fernpunktes und des Nahepunktes, so würde diese Anhang Nr. 148.
Meinung eine Art von Stütze erhalten. Wir sahen aber schon früher (§. 3583.), daß dieses nicht der Fall ist. Diese Vorstellung reicht daher allein nicht hin, die Aufgabe zu lösen.

Die Kugelgestalt der Netzhaut und die Verhältnisse der Centralfalte 3600
genügen eben so wenig allen nöthigen Forderungen. Da die Netzhaut nach vorn ausgehöhlt ist, so muß ein Bild, das seitlich von dem hinteren Ende der Sehachse auf die Oberfläche jener Nervenhaut auffällt, weiter nach vorn zu stehen kommen. Diese Einrichtung verbessert natürlich die Störungen, welche die perspectivischen Verhältnisse der erblickten Körper und die sphärische Abweichung der Linsen verursachen. Frauenhofer[1]) verfertigte z. B. aus diesem Grunde dunkle Kammern, deren auffangender Hintergrund nicht eben, sondern schwach gekrümmt war. Man könnte sich aber auch vorstellen, daß sich ferne Gegenstände nicht genau in der Richtung der Sehachse, nahe dagegen in ihrer Bahn abspiegeln. Die Mitte des gelben Fleckes ist nach hinten zu vertieft und die Centralfalte nach vorn erhaben. Man wäre daher noch im Stande, diese für den Menschen gültigen Verhältnisse zu Hilfe ziehen, um die Annahme zu erleichtern. Die Berechnungen, die man auf diese Grundlagen stützte, würden zu dem Ergebnisse führen, daß die Thiere, die keinen gelben Fleck, keine Vertiefung desselben und keine Centralfalte besitzen, eine beschränktere Anpassung als der Mensch darbieten.

Soll diese Ansicht eine sichere Grundlage haben, so muß man vor- 3601
aussetzen, daß das Auge eine gewisse Winkelbewegung macht, um abwechselnd ferne und nahe Gegenstände deutlich aufzufassen. Die Erfahrung scheint jedoch zu lehren, daß die Anpassung diese Veränderung nicht nothwendiger Weise fordert.

Adda und Haldat[2]) glaubten gefunden zu haben, daß die ge- 3602
schichtete Krystalllinse die gleiche Vereinigungsweite trotz der Verschiedenheit der Abstände der Leuchtpunkte darbietet. Die analytischen Gleichungen und die früher angeführten Berechnungen lehren, daß dieses nicht der Fall ist. Es wird daher die Nothwendigkeit der Anpassung aus diesem Grunde nicht beseitigt.

Will man keine inneren Veränderungen des Auges zugeben, so kann 3603
man voraussetzen, daß eine physiologische Vollkommenheit einen optischen Mangel unschädlich macht. Denken wir uns die Krümmungsflächen als kugelig, so gleicht der Unterschied der Vereinigungsweiten paralleler und 10,8 Centimeter entfernter Strahlen 2,26 Mm. in dem Auge der 50jährigen Frau (§. 3566.). Ist dieses ursprünglich für den Fernpunkt ein-

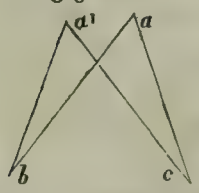
[1]) C. Merz, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Band LXIV. Leipzig, 1845. 8. S. 325.
[2]) Haldat, in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XII. p. 94.

gerichtet, so wird dann der Nahepunkt Zerstreuungskreise liefern. Nimmt man nun an, die Netzhaut habe die Fähigkeit, diese unvollkommenen Bilder mit befriedigender Klarheit aufzufassen oder zu deuten, so können alle inneren Veränderungen des Auges hinwegfallen.

3604 Die Ansicht von Sturm[1]) führt diese Anschauungsweise noch allgemeiner durch. Wir haben bemerkt (§. 3483 ff.), daß die Brechungskörper des Gesichtswerkzeuges weder vollkommen sphärisch, noch vielleicht selbst mathematisch genau geordnet sind (§. 3270.). Die Messungen von Chossat und Krause gestatten die Deutung, daß hier einzelne ellipsoidische Umdrehungsflächen vorkommen. Ein Leuchtpunkt hat unter diesen Verhältnissen keinen wechselseitigen einfachen Brennpunkt. Es erzeugt sich eine mit der Verschiedenheit der Verhältnisse wechselnde Lichtausbreitung oder ein Zwischenraum der Brennweiten, in dessen Innerem der Ort der größten Lichtstärke liegt. Dieser verrückt sich zwar nach Maaßgabe der Entfernungen. Es ist aber denkbar, daß er dessenungeachtet eine hinreichende Schärfe für die Netzhaut, die sich in seinem Bereiche befindet, in jedem Falle darbietet.

3605 Ungleiche Sehweite beider Augen. — Prüft man die beiden Augen eines Menschen nach einander, so wird man in der Regel finden, daß sie ungleiche Sehweiten besitzen. Dieser Fehler pflegt sich in Personen, die viel lesen, schreiben, nähen oder sich überhaupt häufig mit der Betrachtung naher Gegenstände beschäftigen, am auffallendsten kund zu geben. Ein einfacher Versuch kann uns auch bald von jener Ungleichheit überzeugen. Man läßt einen Strich *a*, Fig. 253., eines Maaßstabes mit beiden Augen zugleich so scharf als möglich auffassen. Besitzen beide Augen die gleiche Sehweite, so wird *a* in der Verlängerung der senkrechten Mittelebene des Kopfes liegen und *ab* eben so groß als *ac* sein, wenn *b* und *c* die vorderen Enden der Sehachsen bezeichnen. Denken wir uns dagegen; das *b* entsprechende Auge sei verhältnißmäßig kurzsichtiger, so muß *a* nach *a'* gerückt werden, so daß *ba'* kleiner als *ca'* ausfällt.

Fig. 253.



3606 Manche Forscher, wie Porterfield und Treviranus, glaubten, daß diese wahrscheinlich erzogene Ungleichheit der Sehweite die Mannichfaltigkeit der Auffassung begünstigt. Der Mensch gebraucht nach ihnen den einen oder den anderen Augapfel, je nachdem die Entfernung des Gegenstandes den Kräften desselben besser entspricht. Es läßt sich nicht leugnen, daß dieses bei großen Unterschieden der Sehweiten vorkommt. Man kann häufig bemerken, wie Frauen ihr Strickzeug dem einen Auge auffallend näher halten, Männer nur mit einem lesen u. dgl. m. Diese Gebrauchsweise des Gesichtsorgans hat aber leicht zur Folge, daß das Auge, dessen Bilder vernachlässigt werden, immer mehr erlahmt. Personen der Art

---

[1]) Sturm, in den Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris. Tome XX. Paris, 1845. 4. p. 554 u. 761. Vergl. auch Matteucci, Leçons sur les phénoménes physiques des corps vivants. Paris, 1847. 8. p. 389 — 392.

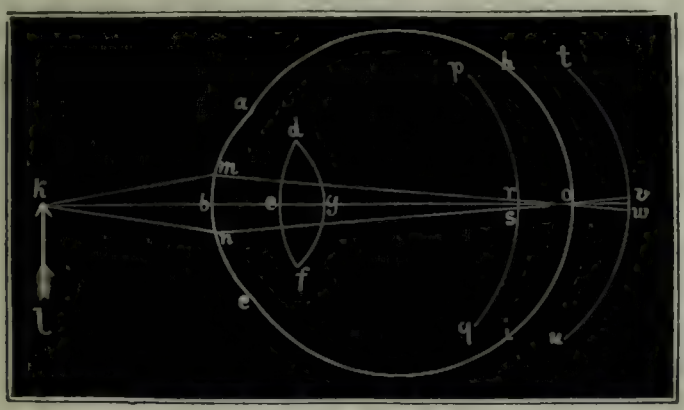
gebrauchen es später gar nicht oder sie verlieren die Fähigkeit, mit ihrem kurzsichtigen Auge in die Ferne und mit ihrem weitsichtigen in die Nähe zu sehen.

Hat man sich mit mikroskopischen Untersuchungen, mit dem Lesen klei- 3607
ner Schrift, mit feinerem Zeichnen oder Kupferstechen anhaltend beschäftigt, so ereignet es sich, daß das Auge in der nächsten Zeit ferne Gegenstände undeutlicher als sonst sieht. Man wollte hierin einen unmittelbaren Beweis der Anwesenheit einer Anpassung finden. Das Auge, das längere Zeit für eine gewisse Nähe eingestellt gewesen, könne nicht sogleich zu seinen früheren Verhältnissen zurückkehren. Es wäre aber auch möglich, daß jene Thatsache auf anderen Gründen beruhte. Die Anstrengung, welche die fortgesetzte genaue Betrachtung kleiner Gegenstände fordert, kann möglicher Weise die Netzhaut und die centralen Schwerkzeuge so stimmen, daß sie nicht sogleich die sich unter anderen Verhältnissen darstellenden fernen Punkte mit genügender Schärfe aufzufassen im Stande wären.

Kurz- und Weitsichtigkeit. — Das kurzsichtige oder myopische 3608
Auge erblickt nahe Gegenstände mit befriedigender, entfernte dagegen mit unzureichender Schärfe. Das weitsichtige oder presbyopische verhält sich umgekehrt. Seine Kraft reicht nur bis zu einer gewissen Ferne. Sein Nahepunkt steht daher zu sehr ab, während der Fernpunkt des kurzsichtigen Auges zu wenig von der Hornhaut hinausrückt.

Die optische Deutung, welche man diesen Mängeln der Gesichts- 3609
werkzeuge geben kann, hängt von der Vorstellung, die man sich über die Netzhautbilder macht, ab. Nimmt man an, daß der wechselseitige Brennpunkt *o* von *k*, Fig. 254., das deutlich gesehen werden soll, auf die Netz-

Fig. 254.



haut *hi* fallen muß, so folgt, daß die des kurzsichtigen Auges in *tu* und die des weitsichtigen in *pq* statt in *hi* liegt. Wir haben in beiden Fällen Zerstreuungskreise *vw* und *rs* statt des einzelnen Punktes *o*. Er befindet sich aber vor der Netzhaut *tu* in dem kurzsichtigen und hinter derselben *pq* in dem weitsichtigen Auge. Dieses hat entsprechende, jener dagegen umgekehrte Zerstreuungskreise

Denkt man sich, daß die Netzhautbilder aus keinen einzelnen wechsel- 3610

seitigen Brennpunkten, sondern aus Zwischenräumen der Vereinigungspunkte entstehen (§. 3604.), so muß man annehmen, daß die auch in dem gesunden Auge gegebenen Zerstreuungskreise die Grenzen der möglichen Deutlichkeit der Auffassung in dem kurzsichtigen, wie in dem weitsichtigen Gesichtswerkzeuge überschreiten.

3611 Wir haben §. 3565. gefunden, daß die Abweichungen der Vereinigungsweite mit der Annäherung des Gegenstandes unverhältnißmäßig wachsen. Es ergiebt sich hieraus, daß das weitsichtige Auge einen kleineren Spielraum der Anpassung, als das kurzsichtige haben muß. Stellen wir uns vor, ein Weitsichtiger bemerke kleine Gegenstände, die 10,3 Meter entfernt sind, eben so deutlich, als solche, die $^1/_8$ Meter von seinem Auge abstehen, so gleicht der Unterschied der Vereinigungsweiten, wenn wir das mehrfach erwähnte Krause'sche Auge zum Grunde legen, nur 0,15 Millimeter. Hat dagegen ein kurzsichtiges Auge seinen Fernpunkt bei 42 und seinen Nahepunkt bei 10,8 Centimeter, so weichen die beiderseitigen Brennweiten um 1,57 Mm. ab (§. 3565.).

Anhang Nr. 148.

3612 Da die Kurzsichtigkeit dadurch bedingt wird, daß der Ort der größten Klarheit der Bilder vor der Netzhaut liegt, so ergiebt sich, daß alle Verhältnisse, welche die Brechung verstärken oder die Sehachse verlängern, diesen Augenfehler herbeiführen können. Die Weitsichtigkeit wird aus den umgekehrten Bedingungen hervorgehen. Eine kleinere Sehachse kann einer zu bedeutenden Brechung und eine größere Augenachse einer zu schwachen Ablenkung entgegenwirken.

3613 Verhältnißmäßig zu geringe Krümmungshalbmesser oder zu starke Krümmungen, hohe Ablenkungscoefficienten oder eine zu beträchtliche Länge der Sehachse werden zunächst die Kurzsichtigkeit bedingen können. Wir finden in der That, daß stark gewölbte und vollsaftige oder wassersüchtig gewordene Augen zu diesem Fehler am meisten geneigt sind. Er verliert sich häufig in dem höheren Alter, in dem die Fülle aller Theile nach und nach abnimmt oder die Linse platter wird. Wir werden jedoch sehen, daß hier auch eine geringere Empfänglichkeit der Netzhaut eingreifen kann. Es ist endlich denkbar, daß andere verborgenere Ursachen zur Kurzsichtigkeit führen. Steht die Krystalllinse zu weit nach vorn, besitzt sie einen verhältnißmäßig sehr kleinen Kern oder zahlreichere Schichten mit stets zunehmendem Ablenkungscoefficienten, so muß sich ebenfalls die Vereinigungsweite übermäßig verkürzen. Die entgegengesetzten Bedingungen werden die Weitsichtigkeit veranlassen. Menschen, die früher in allen Abständen gut sahen, leiden häufig in höherem Alter an Fernsichtigkeit.

3614 Die Gewohnheit hat in dieser Hinsicht einen großen Einfluß. Personen, die viel schreiben oder zahlreiche feine Handarbeit verrichten, werden häufig nach und nach kurzsichtig. Leute dagegen, deren Beschäftigung kein angestrengtes Sehen in die Nähe fordert, bleiben auch oft von diesem Fehler verschont. Ware[1]) fand fast keinen Kurzsichtigen unter 10,000 eng-

[1]) Ware, in Gilbert's Annalen. Neue Folge. Bd. XXIV. Leipzig, 1816. 8. Seite 255.

lischen Soldaten, nur 3 unter 1300 Kindern, dagegen 32 unter 127 Studirenden. Szokalski[1]) traf noch keinen Kurzsichtigen in der untersten Classe des Collége Charlemagne in Paris an. Der 21ste Schüler litt schon an diesem Fehler in der nächst höheren Classe, die Hälfte der obersten Abtheilung war sogar mit Brillen versehen.

Holke[2]) fand 6379 Kurzsichtige, 5685 Weitsichtige und 2011 Schwach- 3615
sichtige unter 14075 Personen, deren leidende Gesichtswerkzeuge er zu untersuchen Gelegenheit hatte. Die Nr. 152. mitgetheilten Tabellen enthalten die einzelnen Verhältnißwerthe, wie ich sie aus den Grundwerthen Anhang Nr. 152.
jenes Forschers zu berechnen suchte. Wir wollen daher hier nur die allgemeinen Schlüsse, die sich aus ihnen ergeben, andeuten.

Betrachten wir die Alterszeit von 8 bis 60 Jahren, so finden wir, 3616
daß das rechte Auge das kurzsichtigere zu sein pflegt. Diese Norm verliert sich dagegen öfter in Personen zwischen 60 und 90 Jahren. Die Weitsichtigkeit scheint ebenfalls im Ganzen das rechte Auge leichter zu treffen.

Die Mehrzahl der Kurzsichtigen findet sich unter den Studirenden, 3617
den Gelehrten und den Männern der höheren Stände überhaupt. Soldaten, Officiere, Künstler, Ladendiener und andere Kaufleute, die sich nicht unausgesetzt mit Schreiben beschäftigen müssen, Schmiede und ähnliche Feuerarbeiter, die meisten Handwerker, Jäger und Ackersleute sind eher zur Weit- als zur Kurzsichtigkeit geneigt. Die Zahl der Männer, die ihre Kurzsichtigkeit durch optische Hilfsmittel zu verbessern suchten, war 2- bis 3mal so groß, als die der Frauen.

Knaben und Mädchen, deren Alter zwischen 8 und 16 Jahren lag, 3618
litten bei weitem häufiger an Kurzsichtigkeit, als an Weitsichtigkeit. Die verhältnißmäßigen Werthe, in denen diese beiden Gebrechen bei Männern von 16 bis 60 Jahren vorkamen, blieben sich so ziemlich gleich. Frauen des gleichen Alters waren häufiger weit-, als kurzsichtig. Dieses wiederholte sich für das Alter von 60 bis 90 Jahren in beiden Geschlechtern.

Vergleichen wir endlich einen und denselben Stand unter verschiede- 3619
nen Lebensaltern, so finden wir, daß die Zahl der Kurzsichtigen in höherem Alter immer abnahm. Die beträchtlichsten Unterschiede zeigten sich bei Gelehrten und Kaufleuten, die geringsten bei Handwerkern, die schon keine sehr große Massen dieser Leidenden in jüngeren Jahren darboten. Die procentige Menge der Weitsichtigen vergrößerte sich dagegen nicht immer mit dem Eintritt des Greisenalters.

Allmälige Verbesserung der Sehweite. — Wir haben frü- 3620
her (§. 3614.) bemerkt, daß sich die Kurzsichtigkeit in Folge der Gewohnheit einstellt. Es wäre möglich, daß dieses von einer bleibenden Anpassung des Auges herrührt. Es fragt sich jedoch noch, ob nicht hierbei die Schärfe der Thätigkeit der Netzhaut eine wesentliche Rolle übernimmt. Dem sei,

---

[1]) Szokalski, in der Prager Vierteljahrsschrift für praktische Heilkunde. Bd. XVII. 1848. 8 Seite 166.

[2]) Holke, Disquisitio de acie oculi dextri et sinistri. Lipsiae, 1830. 4. — G. Th. Frechner's Repertorium der Experimentalphysik. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. Seite 208 fgg.

wie ihm wolle, so kann sich ein Mensch, der seine Augen den zu betrachtenden Gegenständen übermäßig nahe hält, immer kurzsichtiger machen. Die entgegengesetzte Uebung wird einen schon bestehenden Fehler der Art verbessern. Berthold[1]) hat ein zu diesem Zwecke eingerichtetes Lesepult unter dem Namen des Myopodiorthoticon angegeben. Das Gesicht ruht auf einem festgestellten Nasenstege, der nach Maaßgabe der Verhältnisse allmälig höher geschraubt werden kann.

3621 Brillen. — Das kurzsichtige Auge hat eine zu kleine Vereinigungsweite für ferne und das weitsichtige eine zu große für nahe Gegenstände. Die gebrochenen Strahlen convergiren zu stark in dem ersteren Falle. Es können daher nur Zerstreuungslinsen den Fehler verbessern. Das weitsichtige Auge dagegen, in dessen Innern die Convergenz zu schwach ist, hat Sammellinsen zu seiner Unterstützung nöthig. Es ergiebt sich zugleich aus den §. 3444 ff. dargestellten Eigenschaften solcher Gläser, daß die für Kurzsichtige bestimmten Brillen die Lichtstärke herabsetzen, die für Weitsichtige passenden Unterstützungsmittel dagegen die Menge der einfallenden Strahlen vergrößern.

Anhang Nr. 158.

3622 Soll ein Glas der Art ohne Unterschied an beiden Seiten gebraucht werden, so muß es zwei gleichartige, aber entgegengesetzt gerichtete Krümmungen besitzen. Die Lorgnetten, welche die Kurzsichtigkeit verbessern, haben daher zwei ausgehöhlte und die, welche weitsichtigen Augen entsprechen, zwei erhabene Kugelflächen von möglichst gleichen Krümmungshalbmessern. Die gewöhnlichen Brillen sind ebenfalls nach dieser Form geschliffen. Besitzen sie verhältnißmäßig zu kleine Krümmungshalbmesser oder eine zu große Dicke, so stören sie leicht durch eine zu bedeutende Abweichung wegen der Kugelgestalt. Die Strahlen treten unter zu verschiedenen Winkeln bei den seitlichen Wendungen des Auges ein. Da planconcave oder planconvere Linsen den gleichen Nachtheil darbieten würden, so hat Wollaston den Uebelstand durch die Herstellung von Meniscis oder von sogenannten perisкopischen Brillen zu vermeiden gesucht. Die äußere Fläche derselben ist conver, die innere dagegen concav. Soll das Glas einem kurzsichtigen Auge dienen, so muß der Halbmesser der vorderen Krümmung größer, als der der hinteren gewählt werden. Es versteht sich von selbst, daß nur die innere concave Fläche dem Auge zugekehrt sein darf. Man schleift überdies die Vorderseite nach einem möglichst großen Krümmungshalbmesser, um die Störungen der Spiegelung, so sehr es angeht, zu vermeiden.

Anhang Nr. 133.

3623 Die negative Brennweite eines concav-concaven und die positive einer conver-converen Brille muß um so mehr abnehmen, je größer der Grad der Kurz- oder der Weitsichtigkeit ausfällt. Die allgemeinen Gleichungen ergeben für beide Fälle, daß man die Brennweite des passenden Glases findet, wenn man die Sehweite des kranken Auges mit der, welche das optische Hilfsmittel möglich machen soll, vervielfältigt und das Product durch den Unterschiedswerth dieser beiden Größen theilt.

Anhang Nr. 153. Gleich. Nr. 6.

Anhang Nr. 153, Gleich. Nr. 1.

[1]) A. A. Berthold, Das Myopodiorthoticon oder der Apparat, die Kurzsichtigkeit zu heilen. Göttingen, 1840. 8.

Besitzen die beiden Halbmesser der entgegengesetzt gerichteten Krümmungen dieselbe Größe, so gleicht diese der doppelten Brennweite, multiplicirt mit dem um 1 verminderten Brechungsverhältniß oder dem Zweifachen der letzteren Größe, getheilt durch den Unterschied der Einheitsbrüche der kranken und der gesunden Sehweite. Nimmt man 1,5 als runde Zahl für den Ablenkungscoefficienten des Glases an, so stimmt der Halbmesser der Gläser mit der Brennweite der Brille überein. 3624 Anhang Nr. 153, Gleich. Nr. 8. Anhang Nr. 153, Gleich. Nr. 4.

Die meisten Brillenschleifer legen 8 bis 10 Pariser Zoll oder 21,8 bis 27,1 Centimeter als natürliche Sehweite zum Grunde. Einige nehmen 12 Zoll oder 32,5 Centimeter für die Sammelbrillen weitsichtiger Augen an, während sie eine kürzere Entfernung, z. B. 8 Zoll, für die Zerstreuungsbrillen voraussetzen. Wir werden in der Folge 24 Centimeter oder 8,87 Zoll für alle Fälle gebrauchen. 3625

Man pflegt die Augengläser nach Nummern zu bestimmen. Diese Einrichtung könnte allerdings zum Ziele führen, wenn die Brillen aller Werkstätten die gleiche Vereinigungsweite für dieselbe Nummer hätten, oder wenn überhaupt eine durchgreifende Maaßbestimmung allgemein angenommen wäre. Dieses ist jedoch nicht der Fall. Die verschiedenen Fabriken gebrauchen ungleiche Zeichen. Es kommt sogar vor, daß eine Sammel- und eine Zerstreuungslinse derselben Werkstätte, welche die gleiche positive und negative Vereinigungsweite besitzen, abweichende Nummern darbieten. 3626

Viele deutsche Brillenschleifer haben 100 als höchste Nummer für 100 Zoll oder 275 Centimeter Brennweite. Die stärksten Gläser besitzen dagegen eine Vereinigungsweite von 2 Zoll oder $5\frac{1}{2}$ Centimeter und selbst von 1 Zoll oder 2,7 Cent. Die Nummern nehmen zuerst von 10 zu 10 Zoll, später zu 5, 4, 3 und endlich bei den kleinsten Größen zu $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll ab. Man verfertigt in der Regel nur einzelne Zwischennummern, die am häufigsten gesucht werden. Ueber einige andere Beziehungen der Art s. Szokelski a. a. O. S. 154 und 163.

Da die Sammellinse der Weitsichtigen die Vereinigungsweite verkürzt, so vergrößert sie auch den Gegenstand. Eine Zerstreuungsbrille muß ihn umgekehrt verkleinern. Diese Unterschiede fallen um so mehr auf, je schärfer die Brille ist und je weniger sie dem Auge entspricht. Es muß daher als Regel gelten, daß man nur Gläser, durch die man die Gegenstände in möglichst unverändertem Umfange wahrnimmt, auswählt. 3627 Anhang Nr. 153.

Soll die Benutzung eines Augenglases mit keinem Nachtheile verbunden sein, so darf seine Masse keine Streifen, Risse, Blasen oder Wellen enthalten. Das Glas selbst besteht in der Regel aus Kronglas, dessen Brechungsverhältniß bei 1,52 und 1,56 zu liegen pflegt. Man hat auch den Versuch gemacht, Bergkrystall, dessen Ablenkungscoefficient etwas höher liegt, zu demselben Zwecke zu gebrauchen. Es gelingt jedoch nur mit Mühe, die Doppelbrechung desselben (§. 3384.) völlig unschädlich zu machen. 3628 Anhang Nr. 153.

Kleinere Ritze, wie sie häufig bei dem Reinigen der Gläser erzeugt werden, schaden im Ganzen wenig. Jeder Ueberzug dagegen, den Unreinigkeiten oder der Niederschlag von Wasserdämpfen bedingen, stört in hohem Maaße. 3629

3630 Weicht die Kurz- oder die Weitsichtigkeit für beide Augen eines Menschen in bedeutenderem Grade ab, so muß man zwei verschiedene Gläser in eine Brille einsetzen lassen. Man hat aber in jedem Falle sorgfältig zu beachten, daß die Gläser dem Zustande der Gesichtswerkzeuge genau entsprechen, weil sonst das Auge durch den Gebrauch unzweckmäßiger Brillen immer mehr verdorben wird. Diese müssen auch die nöthige Größe haben, damit der Mensch bei allen Wendungen des Augapfels durch die Glasmasse und nicht neben ihr hindurchsieht. Zu kleine Brillen schaden daher.

3631 Gebraucht ein Kurzsichtiger eine Zerstreuungsbrille, die ihm die fernen Gegenstände zu scharf und zu verkleinert darstellt, so verwöhnt er sein Auge und macht es nach und nach immer kurzsichtiger. Eine andere üble Gewohnheit führt noch häufiger denselben Nachtheil herbei. Schreibt oder liest ein Kurzsichtiger mit der Brille, die für die Betrachtung weit abstehender Körper bestimmt ist, so dauert es nicht lange, daß ihm dasselbe Augenglas für die Ferne versagt. Er muß zu immer schärferen Zerstreuungslinsen übergehen oder noch eine Lorgnette außer der Brille zur richtigen Auffassung der Fernpunkte gebrauchen. Schwachsichtigkeit, Unthätigkeit eines oder beider Augen und Schielen können endlich die Reihe von üblen Folgen, welche dieser Mißbrauch der Augengläser bedingt, schließen.

3632 Die Sehweite des kurzsichtigen Auges bildet die Grundlage für die Auswahl der Zerstreuungsbrille. Nr. 154. des Anhanges giebt in dieser Hinsicht eine Reihe von Berechnungen, die in Einzelfällen zu Rathe gezogen werden können. Die dort bestimmten Sehweiten liegen zwischen 6 und 21 Centimeter und steigen von 3 zu 3 Centimeter.

Anhang Nr. 154.

3633 Bedient sich ein Kurzsichtiger einer vollkommen passenden Brille, legt er sie immer bei dem Nahesehen ab und bemüht er sich, in so großen Entfernungen, als es irgend angeht, zu lesen und zu schreiben, so werden seine Augen nicht kurzsichtiger. Sie verbessern sich vielmehr häufig in dieser Beziehung in vorgerückteren Jahren. Ist ein Mensch so kurzsichtig, daß er seine Augen dem Papier, auf dem er schreibt, allzusehr nähern muß, so kann er eine Brille für das Nahesehen und eine zweite für die Betrachtung ferner Gegenstände gebrauchen.

3634 Weitsichtige müssen vorzüglich zu schwache Gläser oder Sammellinsen mit zu großen Vereinigungsweiten zu vermeiden suchen. Nr. 155. des Anhanges liefert in dieser Hinsicht eine Tabelle der Brennweiten der Brillen, wie sie für Sehweiten von 50 bis 150 Centimeter nöthig werden.

Anhang Nr. 155.

3635 Hat ein Mensch seine Krystalllinse in Folge der Staaroperation eingebüßt, so entbehrt sein Auge einen wesentlichen Ablenkungskörper. Die Strahlen vereinigen sich daher zu weit nach hinten. Das Gesicht wird fernsichtiger. Denken wir uns, dieser Fehler greife nur in untergeordnetem Maaße ein, so wird der Nahepunkt weiter hinausrücken. Der Mensch bedarf einer gewöhnlichen Sammellinse, wie sie andere Weitsichtige nöthig haben.

3636 Kann das Auge Gegenstände, die in einer noch so großen endlichen

Entfernung liegen, wahrnehmen, so besitzt es immer Empfänglichkeit für Strahlen, welche die Hornhaut divergent treffen. Die äußerste Grenze dieses Verhältnisses wird durch die einzig mögliche Aufnahme paralleler Strahlen bestimmt. Die Rechnung ergiebt, daß ein solches Auge eine Brille, deren Brennweite der natürlichen Sehweite entspricht, nöthig hat. Anhang Nr. 153.

Gehen wir einen Schritt weiter, so wird das Auge weder diver- 3637
gente, noch parallele, sondern nur solche Strahlen, die convergent auf die Hornhaut fallen, mit gehöriger Schärfe auffassen. Es sieht keinen Gegenstand ohne künstliche Unterstützung deutlich. Befindet sich dagegen eine Converlinse vor der Hornhaut, so ist jener Uebelstand aufgehoben. Soll dann ein Augenglas die natürliche Sehweite von 24 Centimeter oder 8,87 Zoll herstellen, so muß es eine kürzere Vereinigungsweite besitzen. Gläser, welche dieser Forderung genügen, heißen Staarbrillen.

Es ergiebt sich aus optischen Betrachtungen, daß die Sehweite sol- 3638
cher mangelhaften Gesichtswerkzeuge negativ zu nehmen ist und sich diese negative Größe um so mehr verkleinert, je tiefer der Fehler des Auges durchgreift. Nr. 156. des Anhanges giebt uns eine Uebersicht der Staarbrillen, welche solche negative Sehweiten von 72 bis 4,8 Centimeter bedürfen. Die Brennweiten der Gläser liegen dann zwischen 18 und 4 Centimeter oder zwischen 6,65 und 1,48 Pariser Zoll. Anhang Nr. 156.

Es kommt ausnahmsweise vor, daß eine kugelig geschliffene Linse 3639
nicht genügt, daß man aber eher mit anderen Krümmungsoberflächen zum Ziele gelangt. Airy[1]) hat einen solchen Fall aus seinem eigenen Auge beschrieben. Dieses besaß eine bedeutend kürzere Brennweite in senkrechter, als in wagerechter Richtung, weil die Oberfläche der Ablenkungskörper von der Gestalt einfacherer Umdrehungsflächen wesentlich abwich. Eine doppelt concave Linse, deren vordere Fläche sphärisch und deren hintere cylindrisch war, machte es möglich, daß sich Airy eben so gut seines kranken, wie seines gesunden Auges bedienen konnte. Man muß überhaupt in allen solchen Fällen die Hinterseite des Augenglases so zu schleifen suchen, daß die vorhandenen Unregelmäßigkeiten der Krümmung möglichst unschädlich werden. Die Vorderfläche kann kugelig bleiben und nach Maaßgabe der Kurz- oder der Weitsichtigkeit vertieft oder erhaben ausfallen.

Die Staubbrillen bilden einfache, farblose oder schwach gefärbte 3640
Gläser, deren Gestell mit Seitenwänden versehen ist, damit mechanisch schädliche Gegenstände, wie Staub, Steine u. dgl. von dem Auge abgehalten werden. Die älteren Conservationsbrillen bestehen in schwachen, farblosen Sammellinsen, die das Nahesehen erleichtern, mehr Licht in das Auge einführen und stumpfere Gesichtswerkzeuge auf diese Weise unterstützen.

Werfen Schneefelder, Gletscherflächen und andere hell beleuchtete 3641

[1] F. W. Herrschel, Vom Licht. Uebersetzt von Ed. Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S 153 — 155.

Massen große Lichtmengen zurück, so können schon weiße Gläser die übermäßige Reizung der Netzhaut mäßigen. Sind sie in passender Weise gefärbt, so leisten sie noch bessere Dienste. Wir werden in der Folge finden, daß sich hierzu schwach grüne und blaue Farben am besten eignen. Man bedient sich daher häufig solcher Brillen, um schwache Augen unter gewöhnlichen und gesunde unter außerordentlichen Verhältnissen zu unterstützen.

3642 Ist die Glasmasse durch und durch gefärbt, so hat sie leicht den Nachtheil, daß ihre dünneren Stellen zu hell und ihre dickeren zu dunkel ausfallen. Legt der Mensch die Brille ab, so erblickt er nicht selten die Gegenstände in der entsprechenden Ergänzungsfarbe. Er sieht sie z. B. in röthlichem Schimmer, wenn das Augenglas blau gefärbt war. Man hat diese Nachtheile auf verschiedene Weise zu vermeiden gesucht.

3643 Diejenige Art von gefärbten Brillen, welche man nicht ganz passend achromatische, richtiger dagegen isochromatische Gläser nennt, bestehen der Hauptmasse nach aus doppelt converen oder doppelt concaven weißen Glaslinsen, die einen dünnen Ueberzug von gefärbtem Glase besitzen. Dieser ist mit Canadabalsam oder Guajacharz aufgekittet. Blau und grau sind in den Neutralbrillen möglichst gleichförmig gemischt. Das Auge gewöhnt sich übrigens bald, die wahren Farben der Gegenstände durch solche gefärbte Gläser zu unterscheiden.

3644 Schwachsichtigkeit. — Wir haben bis jetzt nur den Fall, daß die Vereinigungsweite die Netzhaut trifft oder verfehlt, berücksichtigt. Es ergiebt sich aber von selbst, daß das deutliche Sehen noch eine zweite Bedingung fordert. Die Nervenmasse muß die gehörige Empfänglichkeit darbieten, damit das auf ihr erzeugte Bild den nöthigen Grad des Eindruckes hervorruft. Die Lichtstärke wird in dieser Hinsicht einen wesentlichen Einfluß ausüben. Sie muß sich für ein stumpferes Auge vergrößern und kann sich für ein schärferes verkleinern.

3645 Stellen wir uns vor, daß die Lichtstärke, die einem Punkte zukommt, von der Menge der Strahlen, die er aussendet, abhängt, so wird sich die Grundfläche des Strahlenkegels mit Zunahme der Entfernung vergrößern. Eine Blendung oder selbst eine Linse, die eine gewisse sich gleich bleibende Oeffnung hat, kann alle Strahlen bei der gehörigen Nähe hindurchlassen, während sie nur einen Theil derselben bei einem größeren Abstande aufzunehmen vermag. Vereinigen sie sich später zu einem Bildpunkte, so wird dieser eine bedeutendere Lichtstärke in dem ersten, als in dem zweiten Falle besitzen.

3646 Nimmt man an, daß eine stumpfere Netzhaut ein lichtstärkeres Bild zur Auffassung nöthig hat, so kann eine größere Nähe desselben Leuchtpunktes günstigere Bedingungen, als eine bedeutendere Entfernung darbieten. Die Unvollkommenheit des Gesichtswerkzeuges wird auf diese Weise auf den ersten Blick als Kurzsichtigkeit auftreten, während der ursprüngliche Fehler in der Empfänglichkeit der Netzhaut selbst begründet ist.

3647 Bedient sich ein Mensch einer Zerstreuungsbrille, so wird die Lichtstärke der Bilder, wenn man alle übrigen Verhältnisse gleich setzt, aus

den eben erwähnten Gründen abnehmen. Sammellinsen können umgekehrt schwachsichtige Augen innerhalb gewisser Grenzen unterstützen, weil sie die Lichtstrahlen convergirender dem Auge zuleiten. Lassen wir den Verlust, den die Zurückwerfung und die Absorption des Lichtes herbeiführen und die Undeutlichkeit, welche die Abweichung wegen der Kugelgestalt erzeugt, bei Seite, so wird das Auge einen breiteren Lichtbüschel in dem zweiten Falle aufnehmen und lichtstärkere Bilder liefern können.

Böhm [1]) stützte sich auf diese Betrachtungsweise, um eine von ihm entdeckte eigenthümliche Thatsache zu erklären. Ein schielendes Auge erkennt nämlich nur nahe Gegenstände mit Bestimmtheit. Selbst diese Thätigkeit ist aber mit größerer oder geringerer Anstrengung verbunden. Man hat es daher früher ohne Weiteres für kurzsichtig gehalten. Böhm fand aber, daß der Fehler nicht durch Zerstreuungsbrillen, sondern durch Sammellinsen von mäßiger Brennweite wesentlich verbessert wird. Das Converglas, das mehr Licht von fernen Gegenständen in das Auge einleitet, macht es aus diesem Grunde weitsichtiger. Es ist aber zugleich nach Böhm's Versuchen physikalisch fernsichtiger, die Anwendung der Sammellinsen findet hierdurch ihre bestimmte Grenze.

Viele Fälle, in denen eine Halblähmung der Netzhaut vorhanden zu sein scheint, rühren nach Böhm [2]) nur davon her, daß die Anpassungsfähigkeit verloren gegangen ist. Der Sehnenschnitt eines solchen abgewichenen Auges verbessert das Wahrnehmungsvermögen in bedeutendem Grade. Böhm sucht daher diese Leiden nicht sowohl auf ursprüngliche Krankheiten der Netzhaut, als auf regelwidrige Thätigkeiten der Muskelgebilde, welche die Anpassung vermitteln, zurückzuführen.

Auffassung von Gegenständen, die außerhalb der Sehweite liegen. — Da die Unterschiede der Vereinigungsweiten für nahe Gegenstände schneller, als für ferne wachsen (§. 3565.), so stört es verhältnißmäßig weniger, wenn der Leuchtpunkt jenseit, als wenn er diesseit der Sehweite hinausrückt. Es gehört zur Regel, daß Augen, die nicht an allzugroßer Kurzsichtigkeit leiden, Gegenstände, die weniger als 10 Centimeter von der Hornhaut abstehen, undeutlicher auffassen. Gesunde weitsichtige Menschen erkennen selbst unendlich weit liegende Punkte mit befriedigender Schärfe. Der Mond oder ein ferner Kirchthurm erscheinen dagegen Kurzsichtigen verwaschen, mit matteren Nebenbildern versehen oder selbst vollkommen doppelt. 3648

Jeder, er sei kurz- oder weitsichtig, kann sich die nachtheiligen Einflüsse, die eine allzugroße Näherung des Gegenstandes begleiten, zur Anschauung bringen. Halte ich z. B. einen Maaßstab dicht vor das Auge und stelle eine Stecknadel 10,8 Centimeter von der Hornhaut entfernt auf, so sehe ich sie scharf und deutlich. Nähere ich auf 9,5 bis 9 Centimeter, so bemerke ich ein zweites verwaschenes und zum Theil verdecktes Bild hinter ihr. Beide Bilder weichen um so mehr aus einander, je mehr sich die Entfernung verringert. Der Stiel schwindet dann nach und nach. Der Knopf zeigt sich als eine vergrößerte matte Kugel oder Scheibe. Obgleich diese stets matter wird, so bleibt sie doch immer noch kenntlich, wenn selbst der Abstand nur 4 Millimeter beträgt. Sinkt er auf 2 bis 3 Mm., so schwindet das Bild, so wie man das Auge beschattet. 3649

---

[1]) L. Böhm, Das Schielen und der Sehnenschnitt in seinen Wirkungen auf Stellung und Sehkraft der Augen. Berlin, 1845. 8. S. 88 fgg.

[2]) Böhm, Ebendaselbst. S. 124 fgg.

Mayer [1]) fand, daß sich die zuerst auftretenden Doppelbilder neben einander stellen, wenn der betrachtete Gegenstand diesseit der Grenzen der Sehweite liegt. Findet das Entgegengesetzte Statt, so treten sie über einander. Wächst das Mißverhältniß der Entfernungen in höherem Maaße, so vervielfältigen sich die einfachen Bilder, bis endlich die Deutlichkeit der Auffassung verloren geht.

3650 Die Vergrößerung des Bildes, zu der eine allzugroße Nähe des Gegenstandes führt, erklärt sich aus der starken Zunahme des Gesichtswinkels (Henle [2]) und Hasenclever [3]). Betrachten wir gewöhnliche Druckschrift in zu geringer Entfernung, so werden zuerst die Buchstaben blasser, aber breiter und höher. Sie umgeben sich bald mit Farbensäumen, haben einen grauen fortlaufenden Hintergrund zwischen sich und verschwimmen nach und nach gänzlich. Man erkennt zuletzt noch höchstens die Richtung der Zeilen, nicht aber die einzelnen Worte. Schiebt man ein mit einer kleinen Oeffnung versehenes Papier zwischen das Auge und die Druckschrift und verkleinert auf diese Weise die eintretenden Lichtkegel und hierdurch auch die Zerstreuungskreise, so werden die Buchstaben schärfer. Man unterscheidet die einzelnen in Abständen, in denen man sie sonst nicht mehr in befriedigender Weise wahrnimmt.

3651 Scheiner'scher Versuch. — Betrachtet man eine Lichtflamme, eine Nadel, ein Haar oder einen anderen nicht zu großen Gegenstand durch zwei Oeffnungen, die selbst und in ihrem gegenseitigen Abstande kleiner, als das Sehloch sind, mit einem Auge, so sieht man einfach, so lange sich die Leuchtpunkte innerhalb der Grenzen der Sehweite befinden. Liegen sie dagegen jenseit oder diesseit derselben, so erhält man Doppelbilder. Nehmen z. B. die beiden wagerecht gestellten Löcher 1,5 Mm. mit ihrer wechselseitigen Entfernung ein, so bemerke ich eine Stecknadel mit meinem linken etwas kurzsichtigen Auge einfach, so lange sie ungefähr 10,8 bis 24 Centimeter von der Mitte der Hornhaut absteht. Sie verdoppelt sich dagegen außerhalb dieser Grenzwerthe. Betragen dagegen die Oeffnungen mit ihrem Abstande nur 1 Mm., so sehe ich bei zu großer Nähe scheinbar drei Bilder, zwei matte, die sich mit ihren Innenrändern berühren, *a* und *b*, Fig. 255., und ein dunkles *c*, das zwischen ihnen liegt.

Fig. 255.

Dieses verhält sich zu jenen, wie ein Kernschatten zu den ihn umgebenden Halbschatten. Eine geringere Ausdehnung der Löcher macht die Erscheinung deutlicher. Sie verkleinert zugleich die Grenze, bei der sich das Ganze darstellt. Liegt die Nadel jenseit der Grenze meiner Sehweite, so fehlt diese Anschauungsweise bei der oben erwähnten Kleinheit der Oeffnungen. Betrachte ich dann eine Kerzenflamme in sehr großer Entfernung, so sehe ich das Ganze doppelt. Beide Bilder sind scharf geschieden. Es geht aber noch eine Reihe von Lichtstreifen sternförmig nach den verschiedensten Richtungen hinaus.

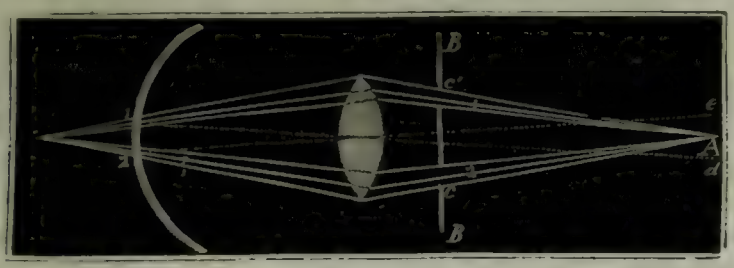
---

[1]) Mayer, in Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. V. Heidelberg, 1847. 8. S. 377.
[2]) Henle, in Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. Abth. II. Coblenz, 1838. 8. S. 340.
[3]) R. Hasenclever, Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Ein Beitrag zur Theorie des Sinnenlebens. Berlin, 1842. 8. S. 77.

Diese Versuche können zugleich anschaulich machen, wie sich das Auge 3652
oder die Auffassung des Gesehenen für bestimmte Entfernungen der Leuchtpunkte einrichtet. Halte ich eine Nadel zwischen einer in der Sehweite befindlichen Lichtflamme und einem mit zwei kleinen Oeffnungen versehenen Papier, so kann ich bald eine passende Entfernung finden, in der ich nach Belieben die Flamme oder die Nadel doppelt und den anderen Gegenstand einfach wahrnehme.

J. de la Motte[1]) hat, wie es scheint, zuerst bemerkt, daß sich 3653
dieser von Scheiner angegebene Versuch aus den Verhältnissen der Zerstreuungskreise erklären läßt. Nehmen wir an, *A*, Fig. 256., sei ein

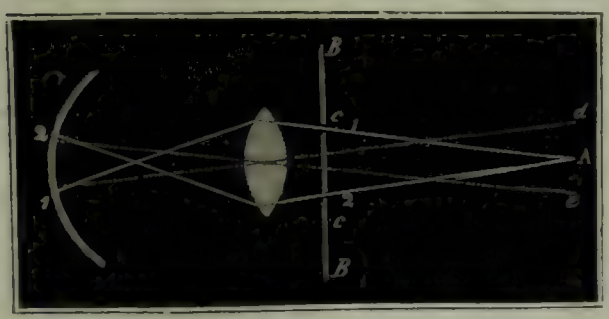
Fig. 256.



leuchtender Punkt, *B B* die mit den beiden kleinen Oeffnungen *c c'* versehene Scheidewand, durch die das Auge hindurchsieht, so können wir uns den Gang der Lichtbündel unter 1 und 2 wenigstens auf eine allgemein schematische Weise vorstellen. Befände sich die Netzhaut in der entsprechenden Entfernung, in dem hinteren Durchschnittspunkte von 1 und 2, oder in der wechselseitigen Brennweite von *A*, so würde dieser Punkt einfach erscheinen. Liegt sie dagegen vor derselben, so wie es die Zeichnung darstellt, d. h. befindet sich *A* dem Auge zu nahe, so erzeugen sich zwei Zerstreuungskreise, 1 und 2. Man erblickt *d* und *e* statt des einfachen *A*.

Man bemerkt leicht, daß sich etwas Aehnliches für den umgekehrten 3654
Fall, wenn *A* zu weit absteht, wiederholen muß. Die von *A*, Fig. 257., austretenden Lichtstrahlen, welche durch *c c'* dringen, durchkreuzen sich hier vor der Netzhaut. Diese empfängt deshalb die Zerstreuungskreise 1 und 2, Fig. 257.

Fig. 257.



Der Vergleich von Fig. 3655
256. und 257. kann uns unmittelbar darlegen, daß die Zerstreuungskreise verschiedene Eigenschaften unter beiderlei Verhältnissen darbieten. Liegt der

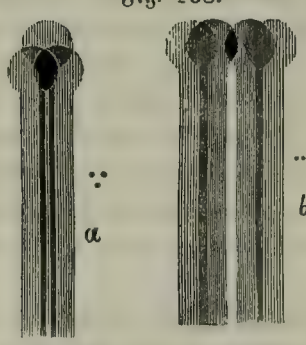
[1]) E. Wilde, Geschichte der Optik vom Ursprung dieser Wissenschaft bis auf die gegenwärtige Zeit. Theil I. Berlin, 1838. 8. S. 215.

Gegenstand zu nahe, wie es Fig. 256. darstellt, so entspricht der obere Zerstreuungskreis 1 dem durch c' gegangenen Lichtbündel. Befindet sich dagegen A, wie in Fig. 257., in allzugroßer Ferne, so hängt der untere Zerstreuungskreis 1 von dem oberen, durch c' gedrungenen Lichtkegel ab. Wir haben daher in dem ersteren Falle entsprechende und in dem letzteren entgegengesetzte Beziehungen.

3656 Ist A, Fig. 257., zu weit entfernt, so muß d mit der Deckung von c' verschwinden. Es geht mithin hier das Bild derselben Seite, an welcher das Loch der vorgehaltenen Scheidewand geschlossen wird, verloren. Das Umgekehrte wird in Fig. 256. bei allzugroßer Nähe des Gegenstandes eintreten. Man kann sich an einer auf einem Fensterrahmen befestigten Stecknadel überzeugen, daß die Erfahrung diese Folgerung bestätigt. Es ergiebt sich zugleich, daß die Bilder mit der Vergrößerung des Abstandes der Oeffnungen und dem Unterschiede von der natürlichen Sehweite aus einander rücken und an Schärfe verlieren müssen. Betrachtet man vergleichungsweise einen kleineren Gegenstand, der verhältnißmäßig näher, und einen größeren, der weiter liegt, so sieht man jenen doppelt und diesen einfach, weil die Nebenbilder des letzteren mit geringerer Schärfe auftreten.

3657 Hat das Papier drei Oeffnungen, die, wie es a, Fig. 258., andeutet, gestellt sind, so erblickt man drei Bilder. Liegen die drei Löcher wagerecht, so sehe ich unter günstigen Verhältnissen nicht bloß drei, sondern vier neben einander stehende Nadeln, die sich zum Theil, wie es Fig. 258. b zeigt, wechselseitig decken. Sind vier Oeffnungen so gestellt, daß je zwei über einander kommen, so erhält man zwei obere Bilder mit einer mittleren Kernfigur und zwei untere.

Fig. 258.



Volkmann [1]) versuchte früher die Größe der Zerstreuungskreise, die bei dem Scheiner'schen Versuche zu Stande kommen, aus der Entfernung des Gegenstandes und dem wechselseitigen Abstande der bemerkten Doppelbilder zu berechnen. W. Weber fügte noch eine theoretische Formel hinzu, deren Ergebnisse jedoch von den durch die Beobachtung mittelbar bestimmten Zahlen nicht selten in verhältnißmäßig bedeutendem Grade abwichen. Jene Bestimmungen befanden sich aber auf einer nicht ganz richtigen Grundlage, weil in ihnen vorausgesetzt wurde, daß der optische Mittelpunkt mit dem Drehpunkte oder dem Mittelpunkte der äußeren Augenachse zusammenfällt, und für alle Abstände des gesehenen Gegenstandes gleich bleibt. Vergl. §. 3559 fgg.

Ließ Volkmann [2]) verschiedene Personen eine Nadel, die anfangs nur 2 Zoll weit vom Auge angebracht war, durch vier kleine Oeffnungen von der in a, Fig. 258. angegebenen Anordnung betrachten und sich allmälig bis auf 24 Zoll entfernen, so bemerkten die Einen die Reihenfolge, die in Fig. 259., die Anderen dagegen die, welche in Fig. 260. aufgezeichnet ist. Jener Forscher schließt hieraus, daß die Menschen, welche die

---

[1]) A. W. Volkmann, Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. S. 132 — 143. und Poggendorff's Annalen. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8. S. 203 fgg.

[2]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 293.

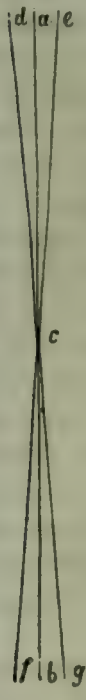
Fig. 259.

Fig. 260.

Form von Fig. 259. hatten, eine Linse, die am Rande stärker, als in der Mitte bricht, besessen haben, daß dagegen das Umgekehrte für Fig. 260. der Fall war.

Enthält die Linse einzelne helle und verdunkelte Streifen, so können sie in ähnlicher Weise, wie die mit den kleinen Oeffnungen versehene Scheibe in dem Scheiner'schen Versuche wirken. Ruete [1]) erzählt einen Fall, in dem ein Mann, der an beginnendem grauem Staare litt, sehr ferne Gegenstände zwölffach, nähere dagegen einfach sah.

Fig 261.



Optometer. — Porterfield [2]), Young [3]), Holfe [4]), Lehot [5]) und Stampfer [6]) haben den Scheiner'schen Versuch benutzt, um die Sehweite gesunder oder kranker Augen zu ermitteln. Die Vorrichtung gestaltet sich am einfachsten, wenn man einen über einem schwarzen Lineal ausgespannten Faden durch eine oder zwei kleine Oeffnungen betrachten läßt. Dieser erscheint dann in der entsprechenden Sehweite *c*, Fig. 261., am dünnsten und schärfsten. Er verbreitert sich dagegen immer mehr nach *dae* und *fbg*, oder zerfällt selbst in scharf gesonderte Doppelbilder unter günstigeren Verhältnissen. Man hat auch zu diesem Zwecke den Scheiner'schen Versuch in der Art wiederholt, daß man eine verschiebbare Spitze durch zwei feine Löcher betrachtet [7]). Alle diese Verfahrungsweisen können nur ungefähre Ergebnisse liefern. 3658

Farbenzerstreuung der Ablenkungskörper des Auges. — Wir haben schon §. 3502. gesehen, daß eine passende Brechung das einfache gleichartige Licht in sieben Hauptfarben zerlegt. Wir müssen die physikalische Seite dieses Gegenstandes von Neuem aufnehmen, um uns klar zu machen, was man unter den Frauenhofer'schen Linien versteht, und welche Folgerungen sich an ihre Verhältnisse anschließen. 3659

[1]) C. C. Th. Ruete, Klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Heft I. Braunschweig, 1843. 8. S. 195.
[2]) Prieſtley, Geſchichte der Optik. Bd. II. S 459.
[3]) Young, in den Philosophical Transactions 1801. Part I. p. 35.
[4]) Holfe, in Fechner's Repertorium. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. S. 204.
[5]) Lehot, Ebendaſelbſt. S. 205.
[6]) Stampfer, in den Jahrbüchern des polytechnischen Instituts. Bd. XVII. Wien, 1832. 8. S. 35 — 44. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 751. Taf. XV. Fig. 319. [7]) Moser, a. a. O. S. 355

3660 Fängt man einen mittelst eines Spiegels oder eines Helioſtaten zurückgeworfenen Strahl durch eine ſchmale rechteckige Spalte *o* (Fig. 262.) eines dunklen Zimmers auf, leitet ihn durch ein vollkommen ebenes, mit

Fig. 263.

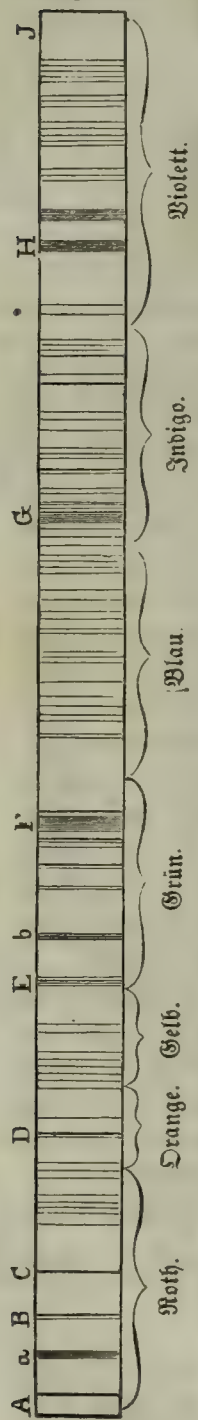
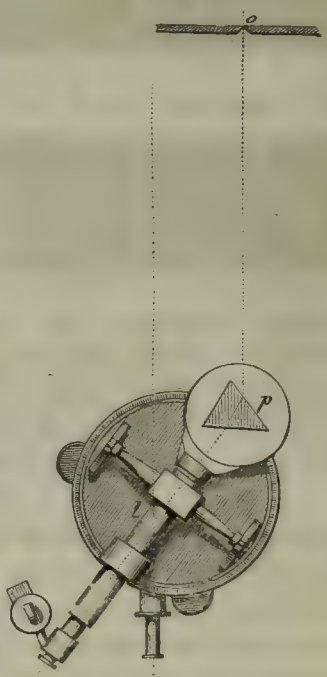


Fig. 262.



ſeiner Kante ſenkrecht ſtehendes Prisma z. B. von ſehr reinem Flintglas unter geringſter Ablenkung (§. 3436.), und beobachtet ſein Bild in einem achromatiſchen Fernrohre *l*, ſo ſieht man in dem Farbenbilde eine große Reihe dunkeler, ſehr unregelmäßig vertheilter Linien, wie es Fig. 263. andeutet. Wollaſton hatte ſchon einige derſelben bemerkt. Frauenhofer entdeckte ſie aber ſelbſtſtändig, verfolgte ihre Verhältniſſe genauer und zeigte zuerſt, welche wichtige Rolle ſie für die Unterſuchung der Farbenverhältniſſe übernehmen.

3661 Die Lage derſelben hängt nicht von der Natur der brechenden Maſſe oder dem Brechungswinkel des Prisma ab. Die verſchiedenen Lichtarten führen aber hier zu abweichenden Erſcheinungen.

3662 Da die einzelnen Farben des gewöhnlichen Spectrums auf unmerkliche Art wechſelſeitig übergehen, ſo fehlte früher jeder ſichere Anhaltspunkt, die verſchiedenen Ablenkungscoefficienten derſelben zu beſtimmen. Die eben erwähnten Linien können dieſe Schwierigkeit beſeitigen. Da ſie eine unveränderliche Stellung für dieſelbe Lichtart einnehmen, ſo braucht man einzelne im Auge zu behalten, um ſicherer zum Ziele zu gelangen.

3663 Frauenhofer bezeichnete ſieben Hauptſtreifen mit den Buchſtaben *B, C, D, E, F, G* und *H*, die in Fig. 263. an den entſprechenden Stellen angegeben ſind. *B* befindet ſich beinahe an dem äußerſten Ende des Roths, *C* an der äußerſten Grenze deſſelben in der Nachbarſchaft des Orange, *D* in dieſem und nahe bei Gelb, *E* im Gelben, aber näher zum Grün, *F* faſt in der Mitte des Grüns, *G* in dem Hellblauen, nicht weit vom Dunkelblau und *H* im Violett, jedoch ſo, daß dieſes noch eine Strecke weit

über jene Grenze hinausgeht. *B* bis *C* enthält 9, *C* bis *D* ungefähr 30, *D* bis *E* 84, *E* bis *F* mindestens 76, *F* bis *G* 185 und *G* bis *H* 190 Linien. Rechnet man noch die, welche zwischen *A* und *B* und jenseit *H* vorkommen, zu diesen 574 hinzu, so findet man, daß mehr als 600 in dem farbigen Spectrum vorhanden sind.

Es erklärt sich nun von selbst, was man damit bezeichnet, daß das 3664
Wasser ein Ablenkungsverhältniß von 1,330935 für *B* und 1,344177 für *H* hat. Nr. 157. des Anhanges giebt eine Reihe von Beispielen der von Anhang Nr. 157.
Frauenhofer gefundenen Werthe, die bei physiologischen Untersuchungen in Betracht kommen können.

Der Unterschied des Brechungsverhältnisses des am schwächsten ab- 3665
lenkenden Roths oder *B* und des am stärksten abweichenden Violetts oder *H* heißt die Größe der Zerstreuung. Sie gleicht daher 0,013242 Anhang Nr. 157.
für Wasser. Der Weingeist hat in dieser Hinsicht 0,011, das Hühnereiweiß 0,013, gutes Crownglas 0,020 bis 0,025, reines Flintglas 0,038 bis 0,043, der Diamant 0,056, der Sapphir 0,021, der Leim 0,022 und das Horn 0,025. Jede einzelne Abtheilung des Farbenspectrums kann aber überdies eigenthümliche Zahlen in dieser Beziehung darbieten.

Derjenige Strahl, dem der arithmetische Durchschnittswerth der Ab- 3666
lenkungsverhältnisse aller farbigen Strahlen zukommt, heißt der Strahl der mittleren Brechbarkeit. Er gehört in der Regel der gelben Anhang Nr. 157.
Farbe an und fällt fast immer zwischen *E* und *F*. Sein Werth beträgt z. B. 1,336480 für Wasser, 1,532556 bis 1,564668 für das erwähnte Crown- und 1,617150 bis 1,659157 für das Flintglas. Er befindet sich daher in dem letzteren Falle ausnahmsweise zwischen *F* und *G*. Manche Forscher legen aber die Zahl, die *E* zukommt, allen solchen Bestimmungen zum Grunde.

Man findet die zerstreuende Kraft oder das Zerstreuungs- 3667
vermögen, wenn man die Größe der Zerstreuung durch das um 1 ver- Anhang Nr. 157.
minderte Brechungsverhältniß des Strahles der mittleren Ablenkung theilt. Das Wasser hat daher 0,03668, das oben angeführte Crownglas 0,0383 bis 0,0437 und das Flintglas 0,0621 bis 0,0657. Wir sehen zugleich hieraus, daß das Zerstreuungsvermögen des Flintglases mindestens mehr als ein halb Mal stärker, wie das des Crownglases ist. Die allgemeinen Anhang Nr. 158 und 159.
Gleichungen, welche man diesen Betrachtungen zum Grunde legt, erklären es, weshalb man hier die Größe der Zerstreuung mit dem um 1 verminderten Brechungsverhältnisse in Beziehung bringt.

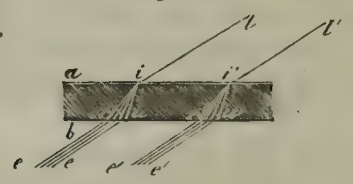
Das hellste Gelb besitzt die größte Lichtstärke unter allen Farben des 3668
Spectrums. Setzt man sie gleich 100, so beträgt nach Frauenhofer die des äußersten Roths 3,2%, des Orange 6,4%, des Grüns 48%, des Hellblau 17%, der Uebergangsstelle des Blau und Violetts 3,1% und der Mitte des Violetts 0,56%.

Dringt weißes Licht in ein neues Mittel ein, so werden die einzel- 3669
nen ihm entsprechenden farbigen Strahlen ihres verschiedenen Ablenkungsverhältnisses wegen in ungleichem Grade gebrochen oder zerstreut (§. 3339.). Es läßt sich zeigen, daß dieser Umstand keine wesentliche Störung herbei-

führt, so wie das Licht durch eine mit parallelen Oberflächen versehene Masse, die vorn und hinten von demselben Mittel umgeben wird, durchgeht. Ist dieses nicht der Fall, so macht sich die Wirkung der Farbenzerstreuung in merklicher Weise geltend.

3670 Nehmen wir z. B. an, *ab*, Fig. 264., sei eine von ebenen parallelen Oberflächen begrenzte Glasplatte, so wird ein weißer Lichtstrahl *li*, der schief auffällt, in einen farbigen Strahlenbüschel *iru* zerlegt. Das äußerste Roth, welches das geringste Ablenkungsverhältniß hat, entspricht *ir*, und das äußerste Violett, dem der größte Brechungscoefficient zukommt, *iu*. Ein zweiter *li* paralleler Strahl *l'i'* giebt auf gleiche Weise *i'r'u'*. Diese Lichtbüschel treten aber wieder unter sich und mit *li* und *l'i'* parallel hervor (§. 3428.) Da der Lichteindruck, den wir auffassen, nicht von einem, sondern von einer Reihe dicht neben einander liegender Strahlen herrührt (§. 3350.), so vermischen sich die einzelnen farbigen Bündel *ee*, *e'e'* u. s. f. so mit einander, daß weißes Licht gesehen wird (§. 3367.).

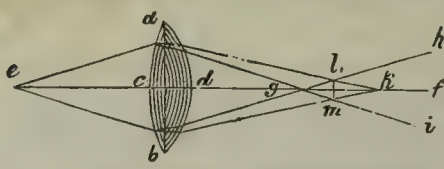
Fig. 264.



3671 Sind die Grenzflächen des Ablenkungskörpers nicht parallel, so muß die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen einen bedeutenderen Einfluß gewinnen. Die Vereinigungsweite einer Linse hängt nicht bloß von den Krümmungshalbmessern und der Dicke, sondern auch von dem Brechungsverhältnisse ab. Nehmen wir an, *db*, Fig. 265., sei eine gleichartige Linse, die vorn und hinten von demselben Mittel begrenzt ist und deren Masse die Lichtstrahlen stärker ablenkt, und *c* ein Leuchtpunkt, von dem ein Kegel divergirender Strahlen weißen Lichtes *cb* und *cd* ausgeht, so haben die äußersten violetten Strahlen, denen das größte Brechungsverhältniß zukommt, die kürzere Vereinigungsweite *dg* und die äußersten rothen, denen der schwächste Ablenkungscoefficient angehört, die längere Brennweite *dk*. Wir erhalten daher eine farbige Längenabweichung *gk* und einen Durchmesser *lm* eines farbigen Zerstreuungskreises. Die Gesammtstörung, die auf diesem Wege zu Stande kommt, heißt die farbige oder die chromatische Abweichung oder die Abweichung wegen der Farbenzerstreuung. Man sieht, daß man hier zu ähnlichen Ausdrücken und Verhältnissen, wie bei der Abweichung wegen der Kugelgestalt der Linsen gelangt (§. §. 3409. und 3442.).

Anhang Nr. 133, Gleich. Nr. 10, 11, 12, 13.

Fig. 265.



3672 Denken wir uns, eine gleichartige, stärker brechende, doppelt convexe Linse sei vorn und hinten von demselben Mittel umgeben, so richtet sich ihre farbige Längenabweichung nach dem Zerstreuungsvermögen und ihrer Hauptbrennweite. Eine Linse mit stärkerer Krümmung hat eine bedeutendere Längenabweichung. Kommen die Strahlen aus einer

Anhang Nr. 158, Gleich. Nr. 2, 3.

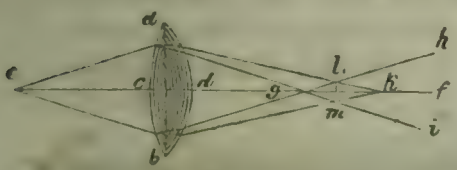
endlichen Entfernung, so vermehrt sich jene verhältnißmäßig mit der Vergrößerung der Vereinigungsweite oder der Annäherung des Gegenstandes.

Der Halbmesser des farbigen Abweichungskreises gleicht dem Producte 3673
der halben Oeffnungsweite und des Zerstreuungsvermögens, so wie parallele Strahlen auffallen. Der Werth ist daher hier von der Hauptbrennweite unabhängig. Befindet sich dagegen der Leuchtpunkt in einer endlichen Entfernung, so findet man den Halbmesser der Längenabweichung, wenn man die für parallele Strahlen gültige Größe mit den Quotienten der endlichen Vereinigungsweite und der Hauptbrennweite vervielfältigt.

Anhang Nr. 158. Gleich. Nr. 4 u. Nr. 8.

Da die rothen Strahlen den schwächsten und die violetten den stärk- 3674
sten Ablenkungscoefficienten besitzen, so ergiebt sich von selbst, daß sich jene am weitesten von der Linse entfernt in k, Fig. 266., und diese ihr am nächsten g vereinigen, sobald die Strahlen ed und eb von einem jenseit der Hauptbrennweite befindlichen Punkte e ausgehen, divergirend auffallen und ihren wechselseitigen Brennpunkt hinter der Linse haben. Befindet sich dagegen der Leuchtpunkt zwischen dem Hauptbrennpunkt und der Linse, so daß das virtuelle Bild vor dieser bleibt (§. 3458.), so vereinigen sich umgekehrt die rothen Strahlen früher, als die violetten. Wir erhalten das Gleiche für eine doppelt concave Linse, welche convergirende Strahlen aufnimmt und hinter ihrer Hinterfläche jenseit der Hauptbrennweite vereinigt. Erhält sie divergirende Strahlen, so liegt ihr die negative Brennweite der am stärksten brechbaren violetten Strahlen näher, als die der rothen.

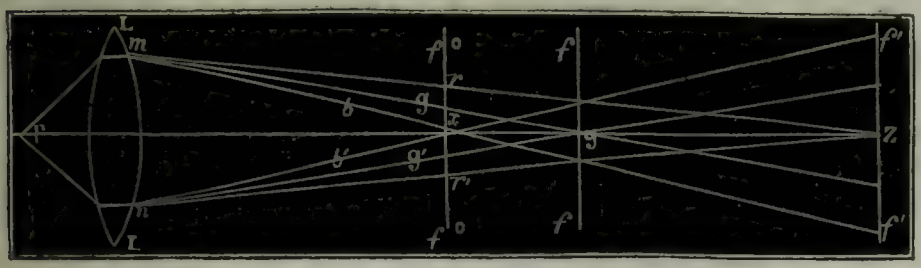
Fig. 266.



Man sollte auf den ersten Blick vermuthen, daß jedes Bild einer 3675
chromatischen Linse Punkt für Punkt gefärbt sein müsse. Die Beobachtung lehrt aber, daß nur die Ränder diese Störung darbieten. Dreierlei Verhältnisse vereinigen sich, um dieses Ergebniß möglich zu machen.

Gesetzt, bb', Fig. 267., seien die violetten oder blauen, gg' die

Fig. 267.

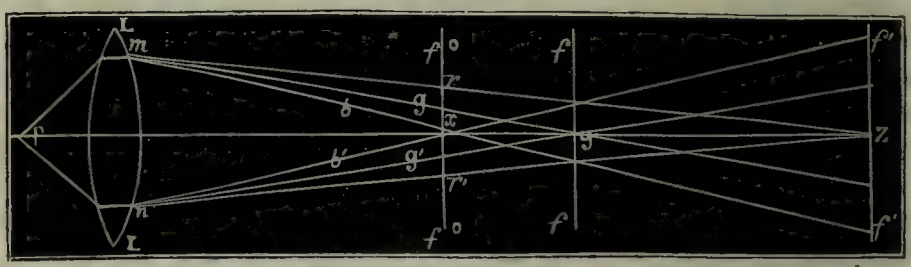


mittleren gelben und rr' die rothen Strahlen, die wir durch einen Schirm ff auffangen, so drängen sich die Strahlen der mittleren Brechbarkeit bei

y am stärksten zusammen, während sich die äußersten über einen immer ausgedehnteren Raum verbreiten und deshalb an Erleuchtungskraft verlieren (§. 3399.). Die violetten Strahlen, die von einer Seite der Linse kommen, z. B. $b'f'$, durchkreuzen sich überdies mit den rothen rz, die der anderen angehören. Die Wirkung schwächt sich natürlich hierdurch. Wir haben endlich §. 3668. gesehen, daß gerade die Strahlen der mittleren Brechbarkeit an und für sich die größte und die äußersten Farbenstrahlen die kleinste Lichtstärke besitzen. Es wird daher schon die Mitte eines jeden einzelnen Punktes bevorzugt sein. Die flächenhafte Ausdehnung entsteht aber dadurch, daß sich Punkt für Punkt eng zusammendrängt. Es fallen dann schwächer erleuchtete Farbenstellen des einen auf lichtstärkere des anderen. Farben, die sich gegenseitig ergänzen, decken sich an vielen Orten. Unser Auge nimmt daher eine scheinbar weiße hellste Mittelfläche wahr.

3676 Fangen wir das Bild außerhalb der Grenzen der Strahlen der mittleren Brechbarkeit auf, so werden sich die Farben mit der Verschiedenheit der Verhältnisse ändern. Rücken wir den Schirm von ff nach f^0f^0, Fig. 268., so haben wir Roth in dem äußersten Saume. Gehen wir

Fig. 268.



dagegen von ff nach $f'f'$ zurück, so wird Blau oder Violett den Farbenrand begrenzen. Man sieht zugleich, daß die Lichtstärke in beiden Fällen abnehmen muß.

3677 Eine einzige einfache Linse kann die Nachtheile der Farbenzerstreuung nicht aufheben. Es ist aber möglich, dieses Ziel mittelst der Verbindung mehrerer Linsen annähernd zu erreichen. Solche Gläser heißen achromatische Linsen.

3678 Newton[1]) glaubte gefunden zu haben, daß die Farbenzerstreuung der Brechung in allen Körpern proportional sei. Er hielt daher den Achromatismus für unmöglich. Es wird sich aus der späteren Darstellung der Verhältnisse ergeben, daß dieser Schluß des großen Forschers vollkommen richtig gewesen wäre, wenn sich die Thatsache, die ihm zum Grunde lag, bestätigt hätte. Euler[2]) nahm an, daß eine Linsenverbindung achromatisch sein könne, weil diese Aufgabe in unserem Auge gelöst

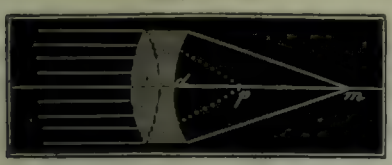
[1]) I. Newton, Optice I. Ed. Clarke. Londini 1706. 4. p. 66 fgg.
[2]) Euler, in der Histoire de l'Academie des sciences et belles lettres. Année 1747. Berlin, 1749. 4. pag. 279.

sei. Es ließe sich sonst kein Grund angeben, weshalb die Natur unser Gesichtswerkzeug mit einer Reihe von Linsen und nicht mit einer einzigen von genügendem Ablenkungsverhältniß versehen habe. Newton glaubte schon, daß die Abweichung wegen der Kugelgestalt zu einem großen Theile gehoben werden könnte, wenn man eine Hohllinse mit einer Flüssigkeit, z. B. mit Wasser füllte. Euler bemühte sich zunächst, diesen Gedanken für die Herstellung achromatischer Linsen fruchtbar zu machen. Aeltere und neuere Erfahrungen haben jedoch vielfach gelehrt, daß die praktische Ausführung dieser Vorschrift auf unüberwindliche Schwierigkeiten stößt und daß man keine dauerhaften Vorrichtungen auf diesem Wege erhalten kann.

Nachdem Klingenstierna die mathematische Seite der Frage vor- 3679
bereitet und Hell schon vor Euler's erster Mittheilung ein achromatisches Fernrohr verfertigt hatte, kam Dollond auf den Gedanken, die beiden Linsen aus verschiedenen Glasarten, die in ihrem Zerstreuungsvermögen stärker, als in ihrem Brechungsverhältniß abweichen, nämlich aus Crown- und Flintglas, zu bereiten. Diese Entdeckung gab Euler[1]) Veranlassung, den Gegenstand mit seinem ausgezeichneten mathematischen Scharfsinn zu verfolgen und für alle Zeiten zu befruchten.

Denken wir uns, es fielen parallele Strahlen auf eine doppelt con- 3680
vere Glaslinse, so werden sich die violetten Strahlen früher, als die rothen hinter ihr vereinigen (§. 3675.). Bringen wir eine doppelt concave Linse unmittelbar hinter der ersten, wie es Fig. 269. zeigt, an, so empfängt sie convergirende Strahlen. Die rothen treffen aber dann früher, als die violetten zusammen (§. 3674.). Wir haben mithin einen der Wirkung der ersten Linse entgegengesetzten Einfluß. Die Farbenzerstreuung kann unter diesen Verhältnissen mittelst geeigneter Bedingungen verkleinert werden.

Fig. 269.



Nehmen wir an, beide Linsen beständen aus der gleichen Glasart, so 3681
würden sie zwar die Farbenzerstreuung aufheben können. Es gingen aber gleichzeitig die Vortheile der Brechung verloren. Die hintere Linse würde die durch die vorderen convergirend gemachten Strahlen zum Parallelismus zurückführen. Aenderte sich das Zerstreuungsvermögen in gleichem Verhältniß mit dem Brechungscoefficienten, so wäre der Achromatismus, wie Newton richtig schloß (§. 3678.), eine Unmöglichkeit. Wir haben aber schon früher bemerkt, daß eine solche Gleichförmigkeit der beiderseitigen Beziehungen nicht stattfindet.

Der Ablenkungsinder des schwächeren Crownglases gleicht 1,533 und 3682
das Zerstreuungsvermögen desselben 0,0383. Das stärkere bleihaltige

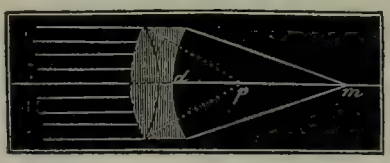
[1]) Euler, in der Histoire de l'Académie des sciences et belles lettres. Année 1767. Berlin, 1769. 4. pag. 131 — 164. Novi Commentarii Petropolitani. Vol. 18. pag. 415. Acta Academiae Petrop. Petropoli 1777. pag. 174.

Flintglas hat dafür 1,659 und 0,0657 (§§. 3666. und 3667.). Das Brechungsverhältniß steigt daher um 8,2% und das Zerstreuungsvermögen um 71,4% des Grundwerthes. Dieses giebt die Möglichkeit an die Hand, achromatische Linsenverbindungen zu verfertigen. Man kann einen großen Theil der Farbenzerstreuung beseitigen, ohne daß man auf die Vortheile der Ablenkung zu verzichten braucht.

3683 Besteht die vordere doppelt convere Linse aus Crown- und die hintere doppelt concave aus Flintglas, so muß die zweite Linse größere Krümmungshalbmesser oder schwächere Krümmungen darbieten, wenn sie die durch die erste bewirkte Farbenzerstreuung aufheben soll, weil sie an und für sich ein größeres Zerstreuungsvermögen besitzt. Da aber ihr Brechungsverhältniß nicht in gleichem Maaße wächst, so behält die Concavlinse einen Ueberschuß von Brechung. Die parallelen Strahlen werden daher in einen Brennpunkt vereinigt.

3684 Es ergiebt sich schon aus diesen Betrachtungen, daß die zweite Linse die Brennweite vergrößert, daß mithin die Gesammtthätigkeit der Linsen-
Anhang Nr. 159. Gleich. Nr. 1 2, 3. verbindung in dieser Beziehung schwächer, als die der vorderen Converlinse ausfällt. Hätte z. B. die erste ihren Brennpunkt in p, Fig. 270., so wird die Vereinigungsweite der beiderseitigen Verbindungen dm gleichen. Die Formeln lehren überdies, daß die zweite doppelt concave Flintglaslinse eine größere Brennweite als die doppelt convere Crownglaslinse besitzen und daß sich ihre beiderseitigen Hauptbrennweiten wie ihre Zerstreuungsvermögen verhalten müssen. Sollte unter diesen Verhältnissen eine Linsenverbindung zerstreuend wirken, so müßte die Zerstreuungslinse von Crown- und die Sammellinse von Flintglas verfertigt werden.

Fig. 270.



3685 Wir haben §. 3665. gesehen, daß das Zerstreuungsvermögen von Farbe zu Farbe wechselt. Da man aber bei zwei Linsen nur das mittlere Brechungsverhältniß und eine Strahlenart oder zwei Gattungen von Farbenstrahlen berücksichtigen kann, so folgt, daß kein vollständiger Achromatismus erreicht zu werden vermag. Es zeigen sich dann immer noch Nebenfarben, die man mit dem Namen des secundären Spectrums bezeichnet. Sollte dieser Uebelstand aufgehoben werden, so müßte man eine sehr große Reihe von einzelnen Linsen oder Linsenschichten wählen. Wäre aber auch eine solche Vorrichtung möglich, so würde sie immer noch ein anderes Hinderniß nicht aufheben. Da sich die Vereinigungsweite mit der Verschiedenheit der Entfernungen ändert, so ergiebt sich, daß der Achromatismus immer nur für eine Art von Abständen passen kann. Man begnügt sich in der Regel, die störendsten Farben, wie das helle Roth, Orange und das starke Dunkelblau fortzuschaffen und ein schwächeres secundäres Spectrum übrig zu lassen.

3686 Wenden wir diese Gesetze auf das Auge an, so läßt sich von vorn herein vermuthen, daß dieses nicht völlig achromatisch sein und daß seine

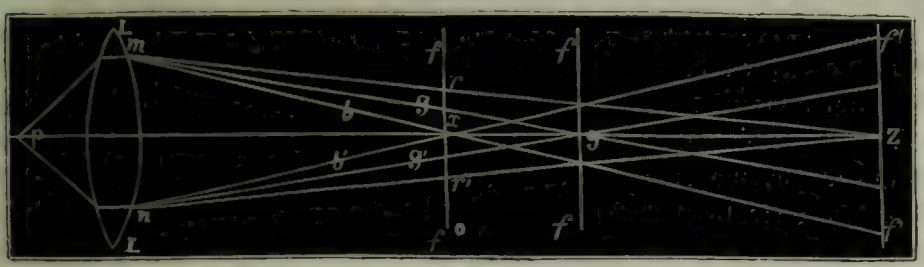
Chromasie mit dem Abstande der Leuchtpunkte wechseln wird. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussetzung.

Frauenhofer, Vallée und Lehot haben schon die Bemerkung 3687
gemacht, daß unser Gesichtswerkzeug eine andere Vereinigungsweite für rothe, als für violette Strahlen besitzt. Beleuchtet man ein Glasmikrometer mit rothem Lichte, das *B* des Sonnenspectrums entspricht, so bemerkt man die Theilstriche nach Matthiesen[1]) in einer wesentlich anderen Entfernung, als wenn blaues Licht, *G*, einwirkt. Denkt man sich die Ablenkungskörper des Auges zu einer Linse verbunden, so hat diese nach jenem Forscher 1,3634 für *B*, 1,37 für *C* und 1,3734 für *G*. Das Zerstreuungsvermögen gleicht daher 0,0131 für diese Grenzen. Wasser Anhang Nr. 157. giebt nach Frauenhofer 0,0104 für dieselben Beziehungen (§. 3665.). Matthiesen[2]) nimmt an, daß sich das Zerstreuungsvermögen der Brechungskörper des Auges dem des gewöhnlichen Flintglases nähern.

Liegen die betrachteten Gegenstände innerhalb der Grenzen der Seh- 3688
weite, so giebt ein gesundes Auge keine regelwidrigen Farbensäume. Diese treten aber unter günstigen Verhältnissen sogleich hervor, so wie jene Marken überschritten werden. Weitsichtige bemerken im Allgemeinen die Unregelmäßigkeiten leichter, als Kurzsichtige.

Die Nadel z. B., die ich in dem Scheiner'schen Versuche (§. 3651.), 3689
in allzugroßer Nähe betrachte, ist in ihrem Doppelbilde nach innen zu gelbröthlich und nach außen hin bläulichviolett gefärbt. Da hier die Vereinigungsweite zu sehr nach hinten, nach $f'f'$, Fig. 271., rückt, so kom-

Fig. 271.



men die lichtschwachen rothen Strahlen (§. 3668.) nach z, die lichtstärkeren nach außen vor ihnen und die bläulichvioletten nach f'. Betrachtet man die Nadel aus zu großer Ferne, so sollten die umgekehrten Farbensäume auftreten, weil jetzt gleichsam der auffangende Schirm des Auges nach $f^0 f^0$ rückt. Da sich aber hier die Lichtstärke wegen der Vergrößerung des Abstandes verkleinert, so entgehen oft die farbigen Säume dem kurzsichtigen Auge. Es ergiebt sich zugleich hieraus, daß scharfsichtigere Menschen in dieser Beziehung bevorzugt sind.

---

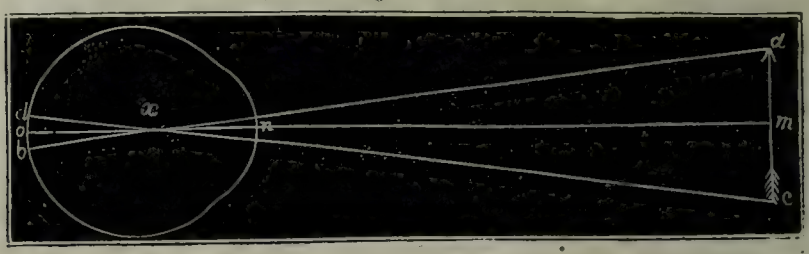
[1]) A. Matthiesen, in den Comptes rendus de l'Academie des sciences. T. XXIV. Paris, 1847. 4. pag. 875.

[2]) Matthiesen, Ebendaselbst pag. 876. Poggendorff's Annalen. Band LXX. Leipzig, 1847. 8. Seite 578 — 581.

Eine ausgedehnte Reihe von Einzelversuchen über die Chromasie des Auges findet sich bei Tourtual in Meckel's Archiv. 1830. S 145 — 177. Vgl. auch dessen Aufsatz in dem medicinischen Correspondenzblatte rheinischer und westphälischer Aerzte Bd. III. Bonn, 1844. S. 123 — 130. A. Niedt, De dioptricis oculi coloribus ejusque polyopia. Berolini 1842. 8. p. 10 fgg. Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 294.

3690 **Kleinste Größen der Netzhautbilder und der Gesichtswinkel.** — Kennen wir die Krümmungen und die Brechungsverhältnisse der Ablenkungskörper eines Auges, so sind wir auch im Stande, die Ausdehnung des entsprechenden Netzhautbildes *db*, Fig. 272., die Größe des

Fig. 272.



Anhang Nr. 145 u. 146. Gesichtswinkels *axc* und die Lage des optischen Mittelpunktes *x*, mit einem Worte, alle hier in Betracht kommenden Werthe, wenigstens unter der Voraussetzung der Kugelgestalt der Augenlinsen zu berechnen (§. 3559 ff.). Da wir aber jene Grundzahlen im lebenden Auge nicht zu ermitteln im Stande sind, so bleibt es auch unmöglich, vollkommen genügende Bestimmungen, die aller willkürlichen Grundlagen entbehren, zu erhalten.

3691 Man hilft sich in der Regel dadurch, daß man den optischen Mittelpunkt *x* an einen bestimmten Ort, in die Mitte des Sehloches oder in die Halbirungsstelle der äußeren Augenachse für alle Abstände verlegt (§. 3559.). Wir haben aber schon §§. 3561. und 3562. gesehen, daß er wenigstens da, wo eine genauere Berechnung möglich ist, an keinem dieser beiden Orte liegt und daß seine Stellung, wenn auch in untergeordnetem Maaße, mit der Mannichfaltigkeit der Abstände der Leuchtpunkte wechselt. Nimmt man eine beliebige, wenn auch noch so wahrscheinliche Lage des optischen Mittelpunktes an, erlaubt man sich, Verhältnisse desselben, die man an einem genau gemessenen todten Auge gefunden, auf die Gesichtswerkzeuge eines lebenden Menschen überzutragen, so verliert man die Sicherheit, die scharfe Bestimmungen mit Recht fordern können. Alle Zahlen, die man für die kleinsten Werthe der Netzhautbilder und der Gesichtswinkel angegeben hat, dürfen daher nur auf annähernde Gültigkeit im günstigsten Falle Anspruch machen.

3692 Fielen auch diese Schwierigkeiten hinweg, so müßten sich abweichende Größen für verschiedene Augen ergeben. Die Lichtstärke des Netzhautbildes und die Empfänglichkeit der Gesichtswerkzeuge bestimmen in wesentlicher Weise, ob ein kleiner Gegenstand wahrgenommen wird oder nicht. Eine stumpfere Netzhaut hat hellere Bilder, als eine schärfere nöthig. Diese Bedingung hängt von der Beleuchtung, der Lichtzerstreuung, dem

Glanze, der Farbe, dem Verhältnisse der Größe und der Entfernung des Gegenstandes, der Weite des Sehloches, der Durchsichtigkeit der Atmosphäre und den optischen Eigenschaften der Brechungskörper des Auges ab. Hell beleuchtete, glänzende oder sehr schmale Körper können noch dadurch günstig wirken, daß sie auf dem Wege der Interferenz an Leuchtkraft oder an scheinbarer Größe gewinnen oder daß sich ihre Netzhautbilder durch die Erscheinungen der Irradiation oder der Ausstrahlung, die uns später beschäftigen werden, vergrößern. Rechnet man nun noch hinzu, daß die Schärfe der Gesichtswerkzeuge von Person zu Person wechselt, daß sie selbst an beiden Augen eines Menschen abweicht, so wird man zugeben, daß sich hier keine allgemein gültigen Werthe auffinden lassen.

Eine andere sich anschließende Frage kann eher ihrer Lösung nahe 3693
gebracht werden. Die Netzhaut enthält Nervenfasern, Nervenkörper und die Körperchen ihrer Körnchenlage als gröbere Gewebtheile. Man kennt die durchschnittlichen Breiten dieser eigenthümlichen Gebilde. Es fragt sich daher, ob ihre Größe die Ausdehnung der kleinsten Netzhautbilder bestimmt, ob diese wenigstens zwei oder mehrere Elementartheile berühren müssen, wenn ein flächenhafter Eindruck zu Stande kommen soll, oder ob ein Gewebtheil hinreicht, diese Thätigkeit zu vermitteln.

Wir haben §. 3316. gefunden, daß der Durchschnittswerth des Drehpunktes meines linken Auges 11,9 Mm. hinter dem vorderen Ende der inneren Sehachse liegt. Meine äußere Augenachse würde hiernach ungefähr 23,8 Mm. betragen (vgl. §. 3274.). Der optische Mittelpunkt befindet sich wahrscheinlich immer vor dem Drehpunkte (§§. 3561. 3562.). Wollten wir ihn in diesen versetzen, so würden wir ein zu kleines Netzhautbild erhalten. Verlegten wir ihn dagegen an das vordere Ende der inneren Sehachse — einen Ort, zu dem er bei der gewöhnlichen Thätigkeit der Gesichtswerkzeuge nie gelangen kann — und erhielten wir dessenungeachtet kleinste Netzhautbilder, deren Ausdehnung die Breite der Nervenfasern, der Nervenkörper und der Elemente der Körnchenschicht nicht erreicht, so wäre unsere Aufgabe beantwortet.

Betrachtete ich einen Glasstrich, dessen Breite 0,007 Mm. betrug, 3694
unter günstigen Bedingungen in hellem Sonnenlichte, so erkannte ich ihn noch in einer Entfernung von 56 Centimeter mit vollkommener Deutlichkeit. Nehmen wir nun selbst das Unmögliche an, daß xo (Fig. 272.) 23,8 Mm. betrug, so finden wir 0,0003 Mm. für die Größe des Netzhautbildes. Der mittlere Durchmesser der feinsten Nervenfasern der Netzhaut kann zu 0,0030, der der Nervenkörper zu 0,0149 und der der Körperchen der Körnchenschicht zu 0,0095 angeschlagen werden. Das offenbar zu groß berechnete Netzhautbild war daher noch schmaler, als eine der Nervenfasern, die zu den feinsten unter den gröberen Gewebtheilen der Netzhaut gehören. Wir können hieraus mit Wahrscheinlichkeit schließen, daß wir noch Gegenstände, deren Bilder schmaler, als jene gröberen Bestandtheile der Nervenhaut sind, mit Deutlichkeit auffassen. Denn die geringe Länge des Striches und die durch Interferenz bedingte Verbreiterung des Bildes waren kaum im Stande, den Unterschied zu decken.

3695 Gehen wir von der Größe des Gesichtswinkels aus, so gelangen wir zu dem gleichen Ziele. Die feinsten Nervenfasern bilden die schmalsten Gewebtheile unter den gröberen Elementen der Netzhaut. Berechnen wir ihre Breite zu 0,003 Mm. und nehmen an, der optische Mittelpunkt liege Anhang Nr. 146. 13,5 Mm. vor dem hinteren Ende der inneren Sehachse, so müßte der Gesichtswinkel 45,8 Secunden betragen, wenn das Netzhautbild einen Durchmesser von 0,003 Mm. erreichen sollte. Wir werden aber in der Folge finden, daß noch bedeutend kleinere Gesichtswinkel unter den keineswegs günstigsten Bedingungen des Sehens vorkommen können.

Vergleichen wir die verschiedenen Angaben, welche die einzelnen Forscher über die kleinsten Werthe der Durchmesser der Nervenfasern der Netzhaut gemacht haben, so finden wir, daß die von Krause [1]) die niedrigste Größe erreicht. Die dünnsten Fasern messen nach ihm $^1/_{1000}$ Pariser Linien oder 0,0023 Mm. Der Gesichtswinkel, der dieser Voraussetzung entspricht, beträgt 34,5 Secunden. Der zuletzt erwähnte Wahrscheinlichkeitsschluß verhielt daher selbst nicht seine Gültigkeit für diese Annahme.

3696 Gehen wir zu den Werthen, die mein linkes, etwas kurz-, aber scharfsichtiges Auge für die kleinsten Größen der Netzhautbilder und der Gesichtswinkel ergeben hat, so müssen wir zunächst die Einflüsse untersuchen, welche die willkürliche Wahl der Lage des optischen Mittelpunktes auf die Endergebnisse ausübt. Die halbe Augenachse der 50jährigen Frau, an deren Gesichtswerkzeugen wir den Ort des optischen Mittelpunktes bestimmt haben (§. 3561.), glich 11,5 Mm. Der Kreuzungspunkt der Anhang. Nr. 146. Richtungslinien lag dabei 8,4 Mm. hinter dem vorderen Ende der Sehachse für 42 Centimeter Abstand des Leuchtpunktes. Verhielte sich mein Auge, dessen halbe Achse 11,9 Mm. beträgt, in derselben Weise, so müßte mein optischer Mittelpunkt 8,7 Mm. hinter der Mitte der Hornhaut liegen. Rechnen wir mit Krause 1,6 Mm. für die Dicke der harten Haut, der Aderhaut und der Netzhaut an dem hinteren Ende der Augenachse, so würde der optische Mittelpunkt 13,5 Mm. von dem gelben Flecke abstehen. Nehmen wir dagegen an, daß jener mit dem Drehpunkte oder mit dem vorderen Ende der Augenachse zusammenfalle, so werden wir die Grenzwerthe, die eine fehlerhafte Bestimmung der Lage des optischen Mittelpunktes liefern kann, erhalten.

3697 Vollführen wir die Rechnung für das §. 3694. angeführte Beispiel, Anhang Nr. 160. so finden wir:

Lage des optischen Mittelpunktes in Millimetern.		Größe des gesehenen Gegenstandes in Mm.	Entfernung des Leuchtpunktes in Millim.	Ausdehnung der Netzhautbilder in Millim.	Größe des Gesichtswinkels.
hinter dem vorderen Ende der Sehachse.	vor der Mitte des gelben Fleckes.				
8,7	13,5	0,007	560	0,000166	0° 0′ 2″6
11,9	10,3	0,007	560	0,000126	0° 0′ 2″4
0,0	22,2	0,007	560	0,000277	0° 0′ 2″7

[1]) C. F. Th. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. II. Hannover, 1842. Seite 537.

Wir sehen hieraus, daß sich die Werthe der Netzhautbilder, wie es sich schon aus den allgemeinen Formeln von selbst ergiebt, mit dem Wechsel der Stellung des optischen Mittelpunktes in verhältnißmäßig bedeutendem Maaße ändern. Der Gesichtswinkel leidet in unserem Beispiele weniger, weil der Abstand des Leuchtpunktes immer noch sehr groß im Vergleich zu der Ausdehnung des Gegenstandes und der hypothetischen Verrückung des optischen Mittelpunktes ist. Wir werden aber vermuthlich der Wahrheit am nächsten kommen, wenn wir den Kreuzungspunkt der Richtungslinien 8,7 Mm. hinter das Vorderende der Sehachse und 13,5 Mm. vor die Mitte des gelben Fleckes verlegen. Anhang Nr. 160

Es versteht sich von selbst, daß die günstigste Sehweite eines Auges die kleinsten möglichen Werthe des Netzhautbildes und des Gesichtswinkels liefern muß, weil hierbei die Zerstreuungskreise am wenigsten oder gar nicht stören und die Lichtstärke ihren verhältnißmäßig höchsten Grad erreicht. Mein linkes, in geringem Grade kurzsichtiges Auge, das sonst scharf sieht und das ich vorzugsweise zu mikroskopischen Beobachtungen gebrauche, bemerkte noch unter den günstigsten Verhältnissen einen Glasstrich, dessen Netzhautbild $1/6000$ Mm. und dessen Gesichtswinkel nicht ganz 3 Secunden betrug. Keine andere Betrachtungsweise lieferte mir so unbedeutende Ausdehnungen der sichtbaren Gegenstände. 3698 Anhang Nr. 160.

Die Einflüsse der Lichtstärke geben sich aber schon unter diesen günstigsten Bedingungen deutlich zu erkennen. Die nöthigen Größen der Netzhautbilder wachsen auf der Stelle, so wie die Beleuchtung irgendwie abnimmt, so wie man z. B. helles Tageslicht statt des Sonnenlichtes benutzt. Betrachtet man den Zwischenraum zweier Glasstriche eines Mikrometers, so wird sogleich ein größerer Gesichtswinkel zur genauen Wahrnehmung nöthig. Sein Werth braucht weniger zu wachsen, wenn die Striche geschwärzt sind, als wenn diese Nebenbedingung mangelt. 3699 Anhang Nr. 160.

Will man überhaupt die uns hier beschäftigenden Verhältnisse untersuchen, so muß man vor Allem kreisförmige oder höchstens quadratische Körper dem Auge vorlegen, weil diejenigen Gegenstände, in denen der eine Durchmesser in bedeutendem Grade vorherrscht, zu sehr schwankenden Ergebnissen führen. Denken wir uns, sie seien sehr lang und schmal, so schwinden sie aus dem Gesichtsfelde, unter Winkeln, die für ihre Breite sehr klein und für ihre Länge auffallend groß sind. Dieses Gesetz kehrt für das Nahesehen in ähnlicher Weise, wie für das geeignete Fernsehen wieder. Es wiederholt sich für weiße matte Streifen, wie für polirte Metalldrähte. Wir müssen hieraus schließen, daß die feine Linie des Netzhautbildes eine gewisse Breite trotz ihrer Länge nöthig hat, wenn sie überhaupt wahrgenommen werden soll. 3700 Anhang Nr. 160.

Der Einfluß des Glanzes läßt sich an kleinen Silber- und Goldkreisen, wie sie zu Verzierungen gebraucht werden, am leichtesten verfolgen. Wählt man z. B. zwei matt polirte Blättchen, die nur geringe Unterschiede für die unmittelbare Betrachtung darbieten, so reichen diese doch schon hin, den kleinsten entsprechenden Gesichtswinkel in merklicher Weise 3701

Anhang Nr. 160. abzuändern. Zwei Silberblättchen gaben z. B. 66 und 96 und zwei Goldblättchen 90 und 113 Secunden.

3702 Es läßt sich von vorn herein erwarten, daß der Wechsel der Farben einen bedeutenden Einfluß ausüben wird. Befestigte Plateau gefärbte Papierstreifen, die ein Centimeter breit waren, auf einer senkrechten schwarzen Tafel, so erkannte er noch Weiß im Sonnenlichte unter 12, Gelb unter 13, Roth unter 23 und Blau unter 26 Secunden. Diese Werthe stiegen aber im Schatten auf 18 Secunden für Weiß, auf 19 für Gelb, auf 31 für Roth und auf 42 für Blau.

Wiederholte ich die Versuche bei bedecktem Himmel mit kreisförmigen Oblaten, die auf einem matten schwarzen Grunde befestigt waren und deren Durchmesser 1,3 Centimeter glich, so konnte ich mich bald überzeugen, wie sehr die Ergebnisse von scheinbar untergeordneten Nebenbedingungen abhängen. Hatte ich den Farbenkreis im Freien aufgestellt und betrachtete ihn von einem bedeckten Gange aus, so daß mein Auge beschatteter, meine Netzhaut durch anderes Licht in geringerem Maaße in Anspruch genommen war, so konnte ich die Bilder in größeren Entfernungen auffassen, als wenn ich mich im Freien befand. Waren die gefärbten Kreise an einem schmalen schwarzen Hintergrunde befestigt, fielen daher noch hellere Nebenbilder in mein Auge, so gestalteten sich die Verhältnisse ungünstiger, als wenn die farbigen Gegenstände auf einer sehr großen schwarzen Fläche angebracht waren. Hatte das Auge eine Zeit lang ausgeruht oder in einem schwächer erleuchteten Raume verweilt, so bedurfte es auch nur eines kleineren Gesichtswinkels. Ich erkannte endlich den Körper in größeren Entfernungen, wenn ich ihn unverrückt betrachtete oder wenn ich überhaupt nur wußte, an welcher Stelle des dunkeln Hintergrundes er befestigt war.

3703 Wir haben §. 3668. gesehen, daß das Gelb die größte Lichtstärke unter allen Farben des Spectrums besitzt. Bedenken wir überdies, daß der unmittelbare Hintergrund schwarz war, so kann es nicht befremden, daß der Kreis, der eine lebhafte gelbe Farbe besaß, das verhältnißmäßig kleinste Netzhautbild und den unbedeutendsten Gesichtswinkel forderte. Dieses war z. B. in einer der angestellten Versuchsreihen fast dreimal so Anhang Nr 160. klein, als der des Roths oder des Grüns. Das Grauweiß stand in dieser Hinsicht, wenn auch in geringerem Maaße, nach. Blau auf schwarzem Grunde führt zu den bedeutendsten Werthen.

3704 Manche eigenthümliche Erscheinungen begleiteten noch diese Verhältnisse. Die Farbe des Gegenstandes verschwand nämlich früher, als das Bild desselben. Entfernte ich mich immer mehr und mehr von dem Kreise, so gelangte ich zu einem Abstande, in dem er mir hellweiß erschien, wenn er ursprünglich gelb gefärbt war. Das Roth und das Grün gaben ein lebhafteres und das Blau ein dunkleres Grauweiß. Bemerkte einmal das Auge diese weißen Kreise, so machte sich auch der Einfluß der Irradiation geltend. Der Umfang schien nicht ab-, sondern zuzunehmen, so wie man stehen blieb oder einige Schritte zurücktrat. Eine noch größere Entfernung beseitigte diese Täuschung und ließ das Bild gänzlich verschwinden.

Man kann im Allgemeinen annehmen, daß ein gesundes Auge einen 3705
Gesichtswinkel von einer halben bis einer ganzen Minute nöthig hat, um Gegenstände, welche die Grenzen seiner Sehweite nicht bedeutend überschreiten, unter ziemlich günstigen Bedingungen wahrzunehmen. Die Größe des Gesehenen verhält sich dann zu der Entfernung desselben von dem optischen Mittelpunkte 1 : 6876 bis 1 : 3438 oder im Durchschnitt 1 : 5157. Nehmen wir an, die Sehweite betrage 24 Centimeter und vernachlässigen wir den Abstand des Vorderendes der Sehachse von dem optischen Mittelpunkt, so wird die kleinste Ausdehnung, die ein solches Auge unter gewöhnlichen Verhältnissen noch zu unterscheiden pflegt, $\frac{1}{21}$ bis $\frac{1}{22}$ Mm. betragen.

Ist ein Auge, das in geringem Grade an Kurzsichtigkeit leidet, sich 3706
aber einer beträchtlichen Schärfe des Sehens erfreut, für die Auffassung kleiner und naher Gegenstände eingeübt, so braucht der Gesichtswinkel nur 6 bis 20 Secunden und selbst bisweilen noch weniger zu betragen, damit ein kleiner Gegenstand unter den günstigsten Verhältnissen wahrgenommen werde. Man kann die gleiche Erfahrung an weitsichtigen Schützen machen. Haben sie zufällig ein Auge eingebüßt, so erreicht nicht selten das andere Gesichtswerkzeug eine fast unglaubliche Schärfe auf dem Wege der Uebung. Jäger, deren beide Augen gesund sind, können ebenfalls zu sehr hohen Werthen führen. Nehmen wir auch nur 10 Secunden an — eine Größe, die noch keineswegs zu den Seltenheiten gehört — so erhalten wir schon 1 : 20627 für das Verhältniß der Größe des Gegenstandes zu seiner Entfernung von dem optischen Mittelpunkte des Auges.

Die Wellenlänge (§. 3343.) des äußersten Violets gleicht 0,000406 3707
und die des äußersten Roths 0 000645 Mm. Setzen wir voraus, die Entfernung des optischen Mittelpunktes von der Mitte des gelben Fleckes betrage 13,5 Mm., so würde das Netzhautbild eben so klein, wie die Wellenlänge des äußersten Violets ausfallen, wenn der Gesichtswinkel 6,2 Anhang Nr. 146.
Secunden betrüge. Das äußerste Roth forderte 9,8 Secunden. Ein Strich kann sicher noch eine geringere Breite bei einer größeren Länge darbieten, ehe er dem Anblicke verschwindet (§. 3697.). Eine andere Frage ist es dagegen, ob das Netzhautbild einer kreisförmigen Scheibe, dessen Durchmesser kleiner, als eine Wellenlänge ist, wahrgenommen wird. Hueck[1]) führt mehrere Erfahrungen an, in denen weiße Punkte auf schwarzem Felde unter 5,7 Secunden gesehen wurden. Es fragt sich jedoch, ob nicht hier die Irradiation die Netzhautbilder größer machte, als sie der Berechnung nach ausfallen sollten. Schwarze Punkte auf weißem Grunde, die, wie wir später finden werden, eher zu klein, als zu groß gesehen werden, forderten wenigstens 12 bis 13 Secunden[2]).

Da die Lichtstärke eines der wesentlichsten Bestimmungsglieder dieser 3708
Erscheinungen bildet, so läßt sich vermuthen, daß der Gebrauch einer

---

[1]) A. Hueck, Die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat, 1839. 4. S. 14.
[2]) Vergl. auch Nobert, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXVIII. Leipzig, 1846. 8. Seite 179.

passenden Brille hier dem Weitsichtigen im Allgemeinen mehr nützt, als dem Kurzsichtigen. Bedient sich dieser eines Hohlglases, um entferntere Punkte deutlich zu sehen, so beseitigt er zwar die Zerstreuungskreise, die sonst seine Auffassung schwächen würden. Er verliert aber zugleich an Lichtstärke. Ein Weitsichtiger, der eine Converbrille vor seinem Auge hat, um kleine und nahe Gegenstände deutlich zu erkennen, gewinnt an Vereinigungsweite und überdieß noch an Lichtstärke. Es versteht sich dagegen von selbst, daß ein Mangel an Schärfe des Gesichts diesen Vortheil nicht unnütz machen darf. Hat ein Mensch, der im Allgemeinen eben so gut in die Nähe, als in die Ferne sieht, ein schwaches Converglas vor den Augen, so kann er in der Regel die Gegenstände unter sehr kleinen Gesichtswinkeln besser, als früher, auffassen.

Man wird häufig bemerken, daß zwei Personen, die in geringem Grade kurzsichtig sind, Zerstreuungsbrillen von verschiedener Schärfe gebrauchen, wenn auch ihre Sehweiten nur in untergeordnetem Maaße abzuweichen scheinen. Die größere oder geringere Lichtstärke der Bilder, die ihre Augen brauchen oder an die sie sich gewöhnt haben, können diesen Widerspruch erklären.

3709 **Künstliche Vergrößerung des Gesichtswinkels.** — Es ergiebt sich aus dem früher Dargestellten, daß viele sehr entfernte Körper ihrer bedeutenden Abstände wegen und zu kleine nahe Gegenstände ihres geringen Umfanges halber dem Blicke entgehen müssen. Unpassende Vereinigungsweiten, unzureichende Gesichtswinkel oder beide Uebelstände zugleich können in diesen Fällen die Thätigkeit der Gesichtswerkzeuge stören.

3710 Die optischen Instrumente, die wir unter dem Namen der Teleskope und der Mikroskope kennen, helfen diesem Nachtheile dadurch ab, daß sie das Bild des Gegenstandes in die natürliche Sehweite versetzen und zugleich den Gesichtswinkel verhältnißmäßig vergrößern. Da die optischen Eigenschaften des Mikroskopes dem Anatomen und dem Arzte näher liegen, so wollen wir die Grundgesetze, die hierbei in Betracht kommen, kurz durchgehen.

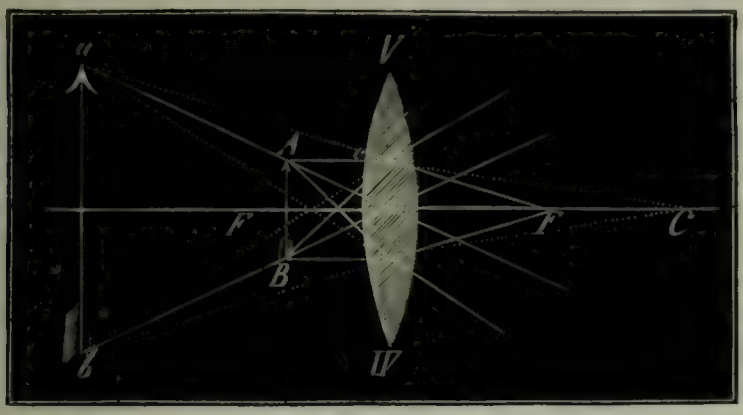
Das Mathematische der Verhältnisse, welche die Fernröhre darbieten, findet sich z. B. in J. J. Littrow, Dioptrik oder Anleitung zur Verfertigung der Fernröhre. Wien, 1830. 8. S. 170 fgg. und 241 fgg. Vergl. auch A. Baumgartner, Die Naturlehre. Supplementband, den mathematischen und experimentellen Theil enthaltend. Wien, 1831. 8. S. 591 fgg. J. J. Prechtl, Praktische Dioptrik als vollständige und gemeinfaßliche Anleitung zur Verfertigung achromatischer Fernröhre. Wien, 1828. 8. S. 154 fgg. A. Kunzeck, Die Lehre vom Licht. Lemberg, 1836. 8. S. 248 fgg. Radicke, Handbuch der Optik. Bd. II. S. 320 fgg.

3711 Wir haben schon §. 3458. gefunden, daß sich ein Gegenstand AB, Fig. 273., den wir durch eine Lupe VW vergrößert sehen sollen, zwischen dem Hauptbrennpunkte F und dem optischen Mittelpunkte O der Linse VW befinden muß. Liegt das Bild ab in den Grenzen der deutlichen Sehweite, so wird es mit der nöthigen Schärfe wahrgenommen werden können.

3712 Vernachlässigen wir die Dicke der Linse VW, nehmen wir sie daher für unsere Betrachtung vorläufig als unendlich dünn an, so können wir den optischen Mittelpunkt des Auges in den der Lupe oder in O versetzen.

Der wahre Gesichtswinkel des Gegenstandes AB gleicht dann AOB. Denken wir uns dagegen, AB rücke nach ab fort, ohne an Umfang zuzunehmen, so würde sein Sehwinkel beträchtlich abnehmen. Vergrößert dagegen die Linse AB zu ab, so fällt dieser Unterschied hinweg. Die Wirkung besteht also darin, daß die durch die bedeutendere Entfernung be- Anhang Nr 161.

Fig. 273.



dingte Verkleinerung des Gesichtswinkels mittelst der Vergrößerung des Bildes aufgehoben oder jener verhältnißmäßig erweitert wird. Der Wechsel des Abstandes regelt zugleich die Vereinigungsweite, so daß das Auge das Bild mit gehöriger Deutlichkeit erkennt.

Die wahre Größe AB, Fig. 273., verhält sich zur scheinbaren ab, 3713
wie die Tangente des Gesichtswinkels, den AB in jener weiteren Entfer- Anhang Nr. 161.
nung haben würde, zur Tangente des Winkels, den AB in seiner wirklichen Stellung besitzt. Handelt es sich nur um centrale Strahlen, so bleiben die Winkel so klein, daß man sie selbst ohne erheblichen Fehler statt ihrer Tangenten setzen kann. Die beiderseitigen Gesichtswinkel liefern daher das nächste Maaß der Vergrößerung.

Soll der Gegenstand die ungünstigen Bedingungen seiner Vereini- 3714
gungsweite verlieren, so muß sein Bild ab, Fig. 273., innerhalb der Grenzen der Sehweite und zwar in der Nachbarschaft des Nahepunktes (§. 3566.) liegen. Die Vergrößerung gleicht unter diesen Verhältnissen der Sehweite, getheilt durch den Abstand des Gegenstandes von dem op- Anhang Nr. 161 Gleich. Nr. 3.
tischen Mittelpunkte des Auges. Beträgt z. B. der Nahepunkt 20 Centimeter, so wird ein Körper, der 5mal vergrößert wird, 4 Centimeter von dem optischen Mittelpunkte abstehen.

Man bestimmt häufig die Vergrößerung durch den Quotienten der Sehweite und der Hauptbrennweite der Linse, weil man voraussetzt, daß dann parallele Strahlen in das Auge treten (§ 3446.) Man sieht leicht, daß man hierbei etwas zu kleine Vergrö- Anhang Nr. 161. Gleich. Nr. 5.
ßerungswerthe erhält, indem man den Nenner des Bruches größer, als er wahrhaft zu sein pflegt, annimmt. Man verbessert diesen Fehler, wenn man den Endwerth um 1 vermehrt.

Es ergiebt sich von selbst, daß sich jede Zahl, welche die Vergröße- 3715
rungskraft einer Linse ausdrückt, auf eine bestimmte Sehweite beziehen

muß. Die meisten Optiker legen in dieser Hinsicht 8 Pariser Zoll oder 21,6 Centimeter zum Grunde. Minder gewissenhafte Künstler nehmen nicht selten ausgedehntere Sehweiten an, um höhere Werthe für die Vergrößerungen ihrer Gläser zu erhalten. Die Zahlen beziehen sich hierbei immer auf die lineare Vergrößerung. Die flächenhafte gleicht dann dem Quadrate und die körperliche dem Cubus derselben. Eine lineare Vergrößerung von 10 beträgt 100 der Fläche und 1000 dem Raume nach. Viele der älteren Angaben, nach denen Linsen oder zusammengesetzte Mikroskope sehr bedeutende Vergrößerungen besaßen, beziehen sich auf die körperliche oder auf die flächenhafte Bestimmung. Führt man sie auf die linearen Größen zurück, so verschwindet in der Regel die scheinbar bedeutende Kraft jener unvollkommneren Apparate.

3716 Da die Vergrößerung von dem Quotienten der Sehweite und der Entfernung des Gegenstandes abhängt, so würde sich zunächst ergeben, daß der Weitsichtige in dieser Beziehung vor dem Kurzsichtigen im Vortheil ist. Jener muß aber zugleich den Gegenstand weiter von der Linse entfernen. Diese beiden entgegenstehenden Verhältnisse gleichen sich wechselseitig aus, so wie die Bilder mit vollkommenster Deutlichkeit aufgefaßt werden.

Anhang Nr. 161. Gleich. Nr. 2.

Anhang Nr. 161. Gleich Nr. 6.

3717 Die Vergrößerung einer Linse steigt mit der Verkürzung ihrer Hauptbrennweite, der Erhöhung ihres Brechungscoefficienten und der Verkleinerung ihrer Krümmungshalbmesser. Da aber die Vermehrung der Krümmung den Abstand des mikroskopischen Gegenstandes verringert und deshalb mehrfache Hindernisse der Beobachtung entgegensetzt, da sie überdies der Klarheit des Bildes durch Vergrößerung der Kugelabweichung und Beeinträchtigung der Helligkeit schadet, so hat man häufig Stoffe, die ein größeres Ablenkungsverhältniß, als das Glas darbieten, zur Verfertigung von Linsen gebraucht. Man konnte auf diese Weise dieselben Vergrößerungen mit flacheren Krümmungen erreichen. Besaßen überdies die angewandten Massen ein geringeres Zerstreuungsvermögen, so kam auch der Gewinn der Reinheit des Bildes zu Statten.

Anhang Nr 161. Gleich. Nr 7.

3718 Wir können das Ablenkungsverhältniß des Crownglases, das zu Lupen und zu einfachen Mikroskopen genommen zu werden pflegt, zu 1,53 bis 1,57 anschlagen (§. 3666.). Der Sapphir hat in dieser Beziehung 1,768 bis 1,794, der Granat 1,815 und der Diamant 2,439. Das Zerstreuungsvermögen jener Glasarten gleicht 0,020 bis 0,033, das des Sapphirs 0,026, des Granats 0,027 und des Diamants 0,038. Es erklärt sich hieraus, weshalb man sich vor Allem an jene Edelsteine für den §. 3717. erwähnten Zweck gewandt hat. Da z. B. der Sapphir zu den einachsigen negativen Krystallen gehört (§. 3383.), so wird zugleich das durchgehende Licht polarisirt.

3719 Die Helligkeit des Bildes, das ein Vergrößerungsglas liefert, muß natürlich immer der des Gegenstandes nachstehen, weil dieselbe Menge von Lichtstrahlen auf eine größere Fläche vertheilt wird. Die Oeffnung, die man der Linse geben kann, übt hier einen wesentlichen Einfluß aus. Die Helligkeit wächst mit dem Quadrate des Oeffnungshalbmessers und

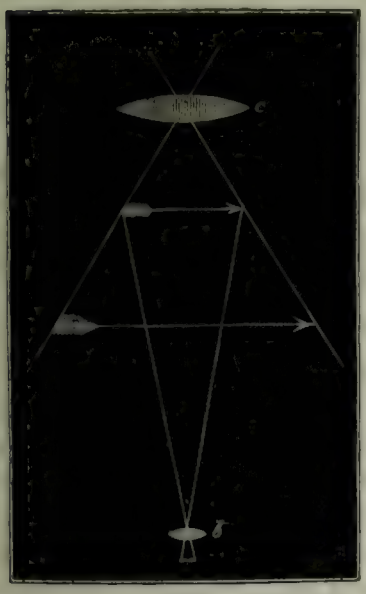
dem der Hauptbrennweite oder des Abstandes des Gegenstandes, der nie jenseit der Hauptvereinigungsweite hinausrücken kann. Sie vermindert sich dagegen mit dem Quadrate der Sehweite. Da der Sapphir, der Granat und der Diamant längere Brennweiten für dieselbe Vergrößerung darbieten, so müssen sie auch hellere Bilder als Glaslinsen von gleicher Form und Größe liefern. Anhang Nr. 161. Gleichg. Nr. 8 und 9

Fallen parallele Strahlen auf die Vorderseite einer doppelt converen Glaslinse, so daß sie sich hinter ihr in einem Hauptbrennpunkte vereinigen, so erhalten wir die geringste Abweichung von der Kugelgestalt, wenn sich der Krümmungshalbmesser der vorderen zu dem der hinteren Seite, wie 1 : 7,32 verhält (§. 3742.). Dieser Werth ändert sich mit dem Ablenkungsverhältniß der Masse, aus der die Linse verfertigt ist. Hat sie einen größeren Brechungsinder, so muß die Hinterseite noch flacher ausfallen und umgekehrt. 3720 Anhang Nr. 134.

Bedenken wir, daß das Bild des einfachen Mikroskopes an derselben Seite wie der Gegenstand liegt, so folgt von selbst, daß die flachere Seite einer solchen Linse von bester Form von dem Auge abgewendet sein muß, wenn der Zweck erreicht werden soll. Die Wollaston'schen Doppellinsen oder Doublets beruhen auf dieser Voraussetzung. Sie bestehen aus zwei planconveren Linsen, deren ebene Seiten nach unten, gegen den Gegenstand und das Bild gewendet sind, die in einer gewissen berechneten Entfernung liegen und zwischen denen man noch bisweilen eine geeignete Blendung anbringt [1]). Man gewinnt so an Lichtstärke und an Deutlichkeit der Bilder. 3721

Gehen wir zu den zusammengesetzten Mikroskopen über, so wollen wir uns zunächst die allgemeine Wirkung der Objectivgläser so vorstellen, als sei nur eine untere Linse *b*, Fig. 274., und die der Ocularlinsen, als wäre nur eine obere *c* vorhanden. Wir haben schon §. 3459. bemerkt, daß dann das Ocular das von dem Objectiv in dem Inneren des Rohres des Mikroskopes entworfene Bild wie eine Lupe vergrößert wiedergiebt. Es folgt hieraus nach §. 3457., daß der kleine Gegenstand am vortheilhaftesten in der Nähe der Hauptbrennweite von *b* und zwar jenseit derselben liegen wird. Das Bild desselben muß sich nach §. 3458. nach innen von der Hauptvereinigungsweite von *c* befinden. 3722

Fig. 274



Die Vergrößerung nimmt unter diesen Verhältnissen mit der Kürze der Brenn- 3723

[1]) Eine schematische Abbildung dieser Doppellinsen findet sich z. B. in R. Todd, The Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Tom. III. London, 1841. 8. pag. 338. Fig. 160.

weite des Objectivs, des Oculars oder beider Gattungen von Linsen zugleich, mit der Ausdehnung der Sehweite, der Verlängerung der Entfernung des ersten Bildes von dem Objectiv und der Annäherung desselben an das Ocular, zu. Wir haben überdies schon §. 3459. die Gründe kennen gelernt, weshalb man hier die rechte Seite des Gegenstandes links und die obere unten sieht.

Die zusammengesetzten dioptrischen Mikroskope, deren man sich gegenwärtig bedient, besitzen eine bedeutendere Zahl von Linsen, weil man nur auf diesem Wege stärkere Vergrößerungen, welche die gehörige Schärfe und Helligkeit besitzen und von den Störungen der Kugelabweichung und der Farbenzerstreuung möglichst befreit sind, erreichen kann. Viele ihrer Einrichtungen werden den Fernröhren entlehnt und nur meistentheils umgekehrt der Natur der Sache nach angewendet.

Die achromatischen Objectivgläser bestehen aus einer Flint- und einer Crownglaslinse (§. 3680.). Das Objectiv des Fernrohrs, das parallele Strahlen aufnehmen soll, hat die Crownglaslinse vorn. Das des Mikroskopes, das für sehr nahe Gegenstände eingerichtet ist, wendet diesen seine Flintglaslinse zu.

Bliebe das Objectiv, das stark vergrößern soll, einfach, so ließen sich die oben erwähnten Mängel in einer nur sehr unvollkommenen Weise für stärkere Vergrößerungen beseitigen. Man gebraucht daher zu diesem Zwecke eine Reihe von Objectiven, die in bestimmter Ordnung verbunden werden. Da eines das andere verstärkt, so kann jedes von ihnen flacher ausfallen. Erleichtert schon dieses die Vergrößerung der Oeffnung, die Vermehrung der Helligkeit und die Beseitigung der Kugelabweichung und der Farbenzerstreuung, so bildet die gegenseitige Entfernung der Linsen ein zweites Mittel, welches dieses Bemühen unterstützen kann.

Das Ocular muß ebenfalls so wenig Kugel- und Farbenabweichung, als möglich, darbieten. Wollte man die Verbindung einer Flint- und einer Crownglaslinse, wie in den Objectiven, gebrauchen, so müßten die Gläser, des geringen Abstandes des ersten Bildes wegen, zu sehr gekrümmt werden. Die Helligkeit und das Gesichtsfeld würde hierdurch beträchtlich leiden. Man wählt daher ein anderes Mittel, um zum Ziele zu gelangen.

Das Ocular besteht aus einem oberen Glase, der Ocularlinse, und einem unteren, dem Collectivglase. Beide nähern sich Linsen bester Form, sind an der einen Seite flach und an der anderen conver, und haben ihre gewölbte Fläche nach unten gewendet. Das untere Glas sammelt die Strahlen, ehe sie sich zu dem ersten Bilde vereinigen, macht es auf diese Weise kleiner und lichtstärker, und trägt viel zur Beseitigung der Kugel- und der Farbenabweichung bei. Eine zwischen ihm und der Ocularlinse befindliche Blendung wirkt der noch zurückbleibenden Störung wegen der Kugelform entgegen. Was die Farben betrifft, so werden meist die Verhältnisse so eingerichtet, daß sich die Objective und das Ocular in dieser Beziehung wechselseitig beschränken.

Die meisten Optiker begnügen sich damit, ihr achromatisches Objectiv aus einer planconcaven Flint- und einer doppelt converen Crownglaslinse bestehen zu lassen und ihre Instrumente für den Fall, daß der Gegenstand frei liegt oder nur mit einem Wassertropfen umgeben ist, einzurichten. Amici dagegen gebrauchte eine größere Reihe von verschiedenartigen Gläsern, um die Farbenzerstreuung noch mehr aufzuheben [1]). Er bemühte sich, auch die Störungen, welche stärkere Deckplatten herbeiführen, durch Nebenvorrichtungen zu vermeiden [2]).

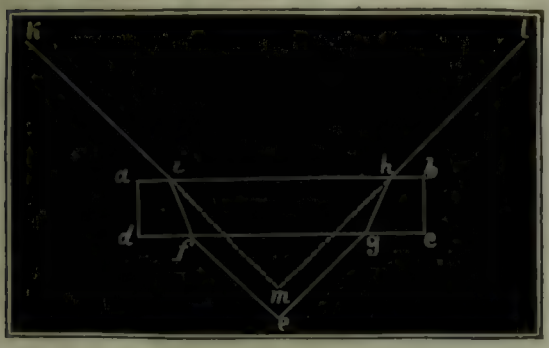
---

[1]) Lamé, Cours de Physique. Seconde Edition. Tome II. Paris, 1840. 8. pag. 282.

[2]) H. Mohl, Mikrographie oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops. Tübingen, 1846. 8. S. 158.

Gesetzt *abcd*, Fig. 275., sei eine dicke Glasplatte, welche den Gegenstand bedeckt, und *e* ein Punkt von diesem, der die Strahlen *ef* und *eg* aussendet, so werden diese durch das Glas in *fi* und *gh* abgelenkt. Verläuft *ab* parallel *cd*, so würden auch die austretenden Strahlen *ki* und *hl* den eintretenden *fe* und *eg* parallel sein, wenn vorn und hinten das gleiche Mittel das Glas umgäbe. Ist aber auch dieses nicht der Fall, so geht doch immer *ki* und *lh* in der Art dahin, daß sich ihre Verlängerungen nicht mehr in *e*, sondern z. B. in *m* vereinigen. Man muß daher das Objectiv höher stellen, so wie man ein dickeres Deckglas angewendet hat.

Fig. 275.



Vereinigen sich aber die Strahlen *ki* und *hl* in *m*, so werden zwei andere, die unter einem größeren oder kleineren Winkel von *e* ausgehen, in einem anderen Punkte zusammenstoßen. Das Bild muß daher an Klarheit verlieren. Dieses gilt vorzüglich von dickeren Deckgläsern, stärkeren Vergrößerungen und nicht centralen Strahlen.

Amici suchte den Uebelstand dadurch zu mildern, daß er die Objective mit einer zu geringen Verbesserung der sphärischen Aberration ausstattete. Freie Gegenstände werden dann undeutlicher gesehen, während ein Deckglas von entsprechender Dicke genügende Bilder herstellt. Er versah auch Objective, die für die Betrachtung unbedeckter kleiner Körper bestimmt waren, mit einer Linse, die für ein Deckglas bestimmt ist und nach Bedürfniß hinzugefügt werden kann.

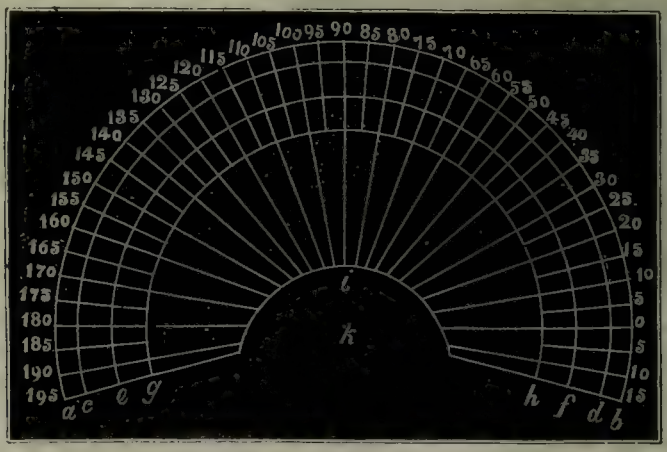
Man hat den Versuch gemacht, Spiegelmikroskope nach Art der Spiegelteleskope zu verfertigen. Solche katadioptrische Mikroskope haben z. B. einen ebenen Spiegel, der das Licht des Gegenstandes auf einen elliptischen Spiegel wirft. Der Gegenstand liegt in dem einen und das Bild, das durch ein Ocular, wie bei dem dioptrischen Mikroskope betrachtet wird, in dem anderen Brennpunkte desselben. Man suchte auf diesem Wege die Farbenzerstreuung zu vermindern, weil sie für das zurückgeworfene Spiegellicht mangelt. Die Bilder gewinnen zwar an Schärfe; es geht aber viel an Lichtstärke verloren, so daß die bedeutenden Vergrößerungen, wenigstens in den bis jetzt verfertigten Instrumenten, unvollkommen ausfielen. Es fragt sich jedoch, ob nicht gerade diese Art von Werkzeugen eine größere Vervollkommnung, als die dioptrischen Mikroskope in Zukunft gestatten werden.

Das Mathematische der Verhältnisse der Mikroskope findet sich erläutert bei Littrow a. a. O. S. 375 — 400. Baumgartner, a. a. O. S. 618 — 625. Kunzeck, a. a. O. S. 222 — 243. Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 347 — 359 und 420 — 426. Ueber das Technische s. J. Vogel, Anleitung zum Gebrauche des Mikroskops, zur zoochemischen Analyse und zur mikroskopisch-chemischen Untersuchung überhaupt. Leipzig, 1841. 8. Carpenter in R. Todd, The Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. London, 1841. 8. p. 331 — 358. H. Mohl, Mikrographie oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops. Tübingen, 1846. 8.

Auffassung der verschiedenen Winkelentfernungen des Gesichtskreises. — Schließen wir das eine Auge, halten das zweite unbewegt und sehen dann gerade nach vorn, so bemerken wir, daß wir nur einen ziemlich beschränkten Raum, dessen Mitte in der geradlinigen Verlängerung unserer Sehachse liegt, innerhalb der Grenzen der Sehweite mit gehöriger Schärfe wahrnehmen. Die Gegenstände aber, die weiter nach außen liegen, werden immer undeutlicher, bis sie endlich dem Anblicke gänzlich entschwinden. Wir wollen die Winkel, unter denen das deutliche Sehen aufhört und die, unter welchen die Gesichtsauffassung gänzlich schwindet, zu bestimmen suchen. 3724

Man zieht zu diesem Zwecke vier concentrische Kreise, *ab*, *cd*, *ef* und *gh*, Fig. 276., auf einem steifen Pappdeckel, bezeichnet die Grade auf die in der Abbildung angegebene Weise und schneidet die Umgebung des Mittelpunktes *k* in der Form *gih* aus, damit

Fig. 276.



man das Auge bequem einstellen könne. Man bringt dann Nadeln bei 40°, 50°, 60° und überhaupt von 10° zu 10° oder in kürzeren Zwischenräumen an dem äußeren Kreise *ab* an. Stehen sie völlig senkrecht, so versieht man noch 80°, 90° und 100° des Kreises *cd*, *ef* oder *gh* mit ebenfalls senkrechten Nadeln und richtet den Pappdeckel so, daß seine Mitte der Verlängerung der Sehachse des gerade vorwärts blickenden Auges entspricht. Hat man die Lage, bei der sich alle gleichen Winkeln angehörenden Nadeln genau decken, gefunden, so richtet man die Sehachse auf die bei 90° aufgestellte Nadel und zählt dann ab, wie viele Nadeln deutlich, wie viele unvollkommen und wie viele endlich nur in Nebelbildern gesehen werden. Läßt man sie von Grad zu Grad zwischen 80° und 100° vorrücken, so kann man die einzelnen Grenzgebiete ziemlich genau ermitteln. Man untersucht die Beziehungen der wagerechten oder senkrechten Meridiane der Netzhaut, je nach dem man den Apparat horizontal oder senkrecht aufstellt.

Die Halbmesser der concentrischen Kreise glichen 17,7; 19,9; 22,1 und 24,2 Centimeter in der von mir gebrauchten Vorrichtung. Die Verkürzung *ki*, Fig. 276., betrug 1,6 Centimeter.

3725 Prüfte ich den wagerechten Gesichtskreis meines unbewegt gehaltenen linken Auges, so erschienen mir noch Nadeln, die 1° bis 3° von der Sehachse abstanden, eben so deutlich, als die, welche sich in ihr selbst befanden. Das Bild wurde etwas schwächer bei 4°. Man bemerkte dieses jedoch erst bei besonderer Aufmerksamkeit. 5° und 6° führten fast noch zu dem gleichen Ergebnisse. Die Bilder verloren dagegen bei 7° in auffallender Weise an Schärfe. Dieses erhöhete sich noch für 8°. Diejenige Nadel, welche nach der inneren Seite des Auges hin aufgestellt war, erschien etwas schärfer als die äußere. Es war mithin die äußere Hälfte der Netzhaut vor der inneren in geringem Maaße bevorzugt.

Standen die Nadeln um 10° ab, so bemerkte ich sie nur bei genauer Auffassung ziemlich deutlich, sonst dagegen verwaschener. Man erblickte dann vorzugsweise die Knöpfe, nicht aber die Stiele der Nadeln. 20° lieferten nur sehr nebelige und 30° noch unvollkommenere Anschauungen. Ich konnte endlich gar keine Bilder mehr für 40° und 50° bei der eben angegebenen Einrichtung des Apparates erhalten. Befanden sich die Nadeln zwischen 10° und 30°, so erschienen wiederum die inneren mit größerer Bestimmtheit. Die Außenhälfte der Netzhaut war daher auch hier im Vortheil.

Der senkrechte Gesichtskreis meines linken Auges fiel etwas 3726
beschränkter aus. Die Verhältnisse wiederholten sich nur in gleicher Weise bis zu Abständen von 7°. Ich konnte wenigstens keine beständigen Unterschiede zwischen oben oder unten und rechts oder links bemerken. Die Bilder dagegen, die bei 10° Entfernung erhalten wurden, waren auffallend undeutlicher, als die, welche ich in wagerechter Lage für den gleichen Winkelabstand wahrnahm. Die Nadelknöpfe allein stellten sich in sehr nebeligen Gestalten bei 20° dar. 30° machten hier Alles undeutlich. Diese größere Beschränkung des senkrechten Gesichtskreises erinnert an die schon von Young gemachte Bemerkung, daß das Auge in wagerechter Ausdehnung weiter zu sehen im Stande ist (§. 3569.).

Einfacher Gesichtskreis. — Da die Netzhaut die Bilder, die 3727
sich in der Verlängerung der Sehachse und in deren unmittelbarer Nachbarschaft befinden, am deutlichsten erkennt, so nennt man die Wahrnehmung der Gegenstände, die innerhalb dieses Grenzbezirkes fallen, das directe Sehen. Das indirecte dagegen bezieht sich auf die Eindrücke derjenigen Gegenstände, die nur unvollkommen ihrer zu großen Seitenlage wegen aufgefaßt werden. Die Punkte endlich, an denen alles Sehen dieses Grundes halber aufhört, bestimmen die Grenzen des einfachen Gesichtskreises oder des einfachen Horopters. Er wechselt natürlich mit der Richtung des Meridians des Auges, dem er angehört.

Wir können annehmen, daß die einseitigen Grenzen des wagerechten 3728
Gesichtskreises zwischen 30° und 40° und die des senkrechten ungefähr bei 30° für die richtige Sehweite meines Auges liegen. Die Gesammtausdehnung desselben beträgt natürlich das Doppelte dieses Werthes.

Suchen wir uns die §. 3725. und 3726. erwähnten Verhältnisse des 3729
directen und des indirecten Sehens linearer Körper, z. B. von Nadeln, die in einem hellen Zimmer unter günstigen Verhältnissen betrachtet werden, übersichtlich darzustellen, so erhalten wir:

Einseitige Winkelentfernung des Gegenstandes oder halbe Ausdehnung des einfachen Gesichtskreises.	Gesichtskreis	
	wagerecht.	senkrecht.
0° bis 3°	Vollkommen deutlich.	Wie in dem wagerechten Gesichtskreise.
4°	Vollkommen deutlich, aber etwas geringere Schärfe.	Meist wie in dem wagerechten Gesichtskreise.
5° bis 6°	Grenzen der mäßigen Deutlichkeit.	desgl.
10°	Ziemlich undeutlich.	Sehr undeutlich.
20°	Nur theilweise und nebelige Bilder	Sehr unvollkommene und nebelige Bilder.
30°	Sehr unvollkommene und nebelige Bilder.	Gänzliches Verschwinden des Bildes.
30° bis 40°	Gänzliches Verschwinden der Bilder.	—

3730 Die Quotienten der geraden Ausdehnungen des Gesichtskreises und der Entfernungen der gesehenen Gegenstände geben die Tangenten der entsprechenden Gesichtswinkel. Es muß daher jene wachsen, so wie der Abstand der Körper, die von dem Auge aufgefaßt werden, zunimmt. Schlagen wir das Gebiet des deutlichsten Sehens zu 3° für jede Seite der Sehachse an, so beträgt dieses 2,6 Centimeter für 24 Centimeter Entfernung und 776,4 Meter für eine süddeutsche Meile oder für 7407 Meter. Die Grenzen des indirecten, irgend möglichen Sehens reichen in dem ersteren Falle bis zu 28 oder 42 Centimeter, in dem letzteren dagegen bis zu 8553 bis 12430 Meter, je nachdem man 30° oder 40° als äußersten Werth des einseitigen Winkelabstandes annimmt.

Anhang Nr. 146. Anhang Nr. 162.

Nr. 162. des Anhanges giebt eine Anzahl von Beispielen, in denen die mannichfachen Ausdehnungen des directen und des indirecten einfachen Gesichtskreises für eine Reihe verschiedener Entfernungen berechnet sind.

3731 Kann man den Abstand des optischen Mittelpunktes im Verhältniß zu dem der betrachteten Körper vernachlässigen, so gleicht die Gesammtbreite des einfachen Gesichtskreises der Entfernung, in der sich die gesehenen Gegenstände befinden, wenn der einseitige Winkel 26°34′ beträgt. Muß dagegen die Lage des optischen Mittelpunktes berücksichtigt werden, so verkleinert sich dieser Winkel, so wie die betrachteten Körper dem Auge näher rücken. Gleicht ihre Entfernung 10 Meter, so erhalten wir noch 26°33′, mithin nur eine Minute Unterschied. Beträgt aber jener Werth 24 Centimeter, so haben wir 25°45′. Die Gleichheit der Ausdehnung des einfachen Gesichtskreises und des Abstandes der erblickten Massen fällt daher in allen diesen Fällen in die äußere Grenze des indirecten Sehens (§. 3729.).

Anhang Nr. 162.

3732 Verlegen wir den optischen Mittelpunkt 13,5 Mm. vor das hintere Ende der inneren Sehachse (§. 3696.), so giebt der einseitige Gesichtskreis von 5°, bei dem ungefähr die Grenze des deutlichen Sehens liegt, 2,4 Mm. für die gerade Ausdehnung des entsprechenden Netzhautbildes. Die Breite des gelben Fleckes gleicht aber nahebei 2,3 Mm. Wir sehen daher, daß der Bezirk dieses Gebildes dem Gebiete des befriedigenderen Sehens entspricht.

Anhang Nr. 162.

3733 Die Schärfe der Bilder, die dem gelben Flecke angehören, nimmt um so mehr ab, je weiter sie sich von dem hinteren Ende der Sehachse entfernen. Liegen unter diesen Verhältnissen die Grenzen der vollkommenen Deutlichkeit bei 3°, so haben wir 1,4 Mm. als Gesammtausdehnung des entsprechenden Netzhautbildes und 0,7 Mm. als einseitigen Abstand. Da nun die Vertiefung des gelben Fleckes im Durchschnitt 1 bis 1,2 Mm. zu messen pflegt und die Unebenheiten derselben die Ausdehnung der auffangenden Fläche vergrößern, so können wir mit Recht annehmen, daß Bilder, die noch in den Bereich der Centralvertiefung fallen, mit vollkommener und solche, welche die übrigen Theile des gelben Fleckes berühren, mit mäßiger Deutlichkeit erblickt werden.

Anhang Nr. 162.

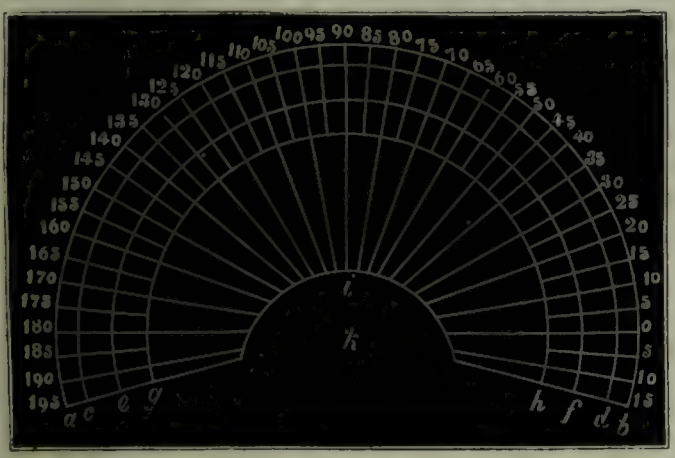
Bestimmten Volkmann und Hüttenheim [1]) die Entfernungen, in denen ein kleiner Punkt, ein Spinnwebefaden oder zwei Parallellinien unter wechselnden Winkelabständen wahrgenommen werden, so fanden sie, daß die Abweichung von 0° auf 1° einen größeren Unterschied, als jeder spätere von Grad zu Grad verfolgte Wechsel der seitlichen Auffassung bedingte. Die früheren ähnlichen Versuche von Hueck [2]) dagegen führen in dieser Beziehung zu den schwankendsten Verhältnissen. Herschel giebt an, daß man kleine, kaum bemerkbare Sterne, die neben einem größeren lichtstarken stehen, am deutlichsten wahrnimmt, wenn man die Sehachse auf diesen richtet. Der Punkt der größten Empfindlichkeit läge hiernach etwas mehr der Seite nach. R. Wagner [3]) konnte sich von der Richtigkeit dieser Thatsache nicht überzeugen.

Die äußerste geradlinige Entfernung, in der die Bilder gänzlich ver- 3734
schwinden, ist jederseits 7,8 bis 11,3 Mm. von der inneren Sehachse entfernt. Da die gesammte Breite der Centralfalte der Netzhaut 4,5 Mm. und der Abstand der Mitte der Vertiefung des gelben Fleckes von der der Eintrittsstelle des Sehnerven 3,4 Mm. beträgt, so ergiebt sich von selbst, daß die Grenzen der möglichen, wenn auch sehr undeutlichen Auffassung jene Stellen überschreiten.

Diese Betrachtung lehrt zugleich, daß ein großer Theil der Flächen- 3735
ausdehnung der Netzhaut zum Sehen gar nicht benutzt wird. Diejenigen Abschnitte aber, die noch Bilder auffassen, können den Gesichtswinkel, wie wir §. 3702. gefunden haben, wesentlich beschränken und so die Entfernungen der wahrnehmbaren Gegenstände verkürzen oder den Umfang der kleinsten kenntlichen Theile vergrößern.

Mariotte'scher Versuch. — Bedienen wir uns der Fig. 277. 3736
abgebildeten Vorrichtung und stellen unser Auge, wie es §. 3724. angegeben wurde, ein, so bemerken wir, daß manche Nadeln, deren Winkelabweichung kleiner, als 20° ist, die mithin noch undeutlich gesehen werden sollten (§. 3729.), an einer Seite aus dem Gesichtsfelde hinwegfallen, an der anderen dagegen indirect wahrgenommen werden. Versehe ich z. B. den Kreis *ab*, Fig. 277., dessen Durchmesser 24,2 Centimeter beträgt, mit Stecknadeln, deren Länge 1,75 Centimeter gleicht, und richte dann die Sehachse meines linken Auges auf 90°, so zeigt sich eine Nadel, die sich bei 102° befindet, undeutlich. Die Bilder, die 103° bis 107° angehören,

Fig. 277.



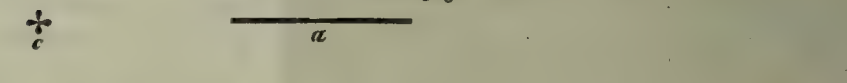
[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 332 — 334.
[2]) Hueck, in Müller's Archiv. 1840. S. 92.
[3]) R. Wagner's Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. Seite 395.

entgehen mir gänzlich. 108° giebt ein unvollständiges Nebelbild, 109° eine etwas vollkommenere Anschauung und 110° eine undeutliche Auffassung, wie sie bei diesem indirecten Sehen zur Regel gehört. Die Grenzen der völligen Unsichtbarkeit liegen daher ungefähr zwischen 13° und 17°5 nach außen, mithin auf der Netzhaut unter derselben Winkelabweichung nach innen. Pflanze ich dagegen Nadeln um 13° bis 18° nach innen, oder bei 77° bis 72° auf, so zeigen sie sich, wie gewöhnlich, in dem indirecten Gesichtsfelde. Es muß daher ein Bezirk, der für das Sehen unempfänglich ist, nach innen von der Mitte der Vertiefung des gelben Fleckes vorhanden sein.

Mariotte entdeckte zuerst diese eigenthümliche Thatsache im Jahre 1668. Da er den Sitz des Sehens in die Aderhaut des Auges verlegte, so bezog er die blinde Stelle auf den Umkreis, in dem der Sehnerve die Aderhaut durchbohrt. Die französischen Akademiker jener Zeit leiteten sie jedoch schon von den Blutgefäßen, die sich auf der inneren Oberfläche der Netzhaut verbreiten, her. Daniel Bernoulli wies zuerst auf dem Wege der Messung nach, daß der Ort der Unempfindlichkeit der Gegend der Eintrittsstelle des Sehnerven entspricht. Man findet deshalb auch in den meisten physikalischen und physiologischen Werken, daß jene ganze Durchgangsgegend des Sehnerven, die man auch als Punctum coecum zu bezeichnen pflegt, für das Licht unempfänglich sei. Nur einzelne Forscher, wie Rudolphi, Volkmann und Arnold beschränkten das Gebiet auf die Durchbohrungsstelle der Centralgefäße der Netzhaut. Wir werden bald sehen, daß diese Ansicht die richtigere ist.

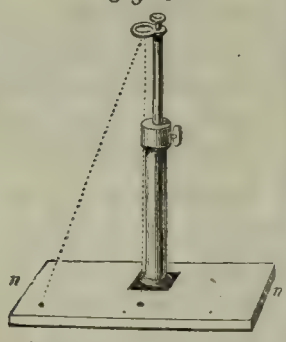
Man kann sich den Mariotte'schen Versuch auf die verschiedenste Weise zur Anschauung bringen. Schließt ein Mensch sein rechtes Auge und richtet seine Sehachse auf

Fig. 278.



b, Fig. 278., so wird er bald eine Entfernung finden, in der er *a* nicht mehr erblickt, *c* dagegen noch in einem indirecten undeutlichen Bilde wahrnimmt. Man kann sich auch eines Gestelles bedienen, wie es Fig. 279. darstellt, zwei schwarze Scheiben auf *n n'* an die bezeichneten Punkte legen und die nöthige Entfernung durch die Einstellung des Stativs ermitteln.

Fig. 279.



Will man sich eine etwas vollständigere Vorrichtung verfertigen, so klebt man eine gefärbte Oblate, deren Durchmesser zwei Centimeter beträgt, auf einen dicken Pappendeckel oder ein ebenes Brett und bezeichnet sich den Mittelpunkt derselben mit einem Dintenflecke, der noch in einer hinreichend großen Entfernung erkannt zu werden vermag. Eine zweite Oblate, deren Rand geradlinig abgeschnitten ist, wird 13 Centimeter weiter, als die erste und zwar nach außen, wenn das Ganze für das linke Auge passen soll, angebracht. Man reiht an diese eine dritte, vierte u. s. w., bis man eine Breite von 6,7 Centimeter hergestellt hat. 3 oder 4 Centimeter noch weiter nach außen kommt eine einzelne Oblate. Man schließt wiederum das rechte Auge, wendet die Sehachse des linken gegen den schwarzen Mittelpunkt der ersten Oblate und entfernt sich so weit, daß zwar die äußerste, nicht aber die fortlaufende Reihe der Oblaten im Gesichtsfelde bleibt. Man wird finden, daß es im Ganzen vortheilhafter ist, die zusammenhängenden Oblaten etwas tiefer, als die fixirte zu stellen. Die Entfernung des Auges von dieser wird am ein-

fachsten mittelst eines Maaßstabes und eines Fernrohres auf die §. 3316. geschilderte Weise oder mittelst eines Senkels bestimmt [1]).

Ergiebt mein linkes Auge 13° und 17°30′ für den äußeren Winkel- 3737
abstand der unsichtbaren Stelle, so folgt, daß der unempfindliche Theil Anhang Nr. 163.
meiner Netzhaut 3.12 Mm. nach innen von dem hinteren Ende der Sehachse beginnt und eine Breite von 1,14 Mm. einnimmt. Stellte ich den Versuch mit rothen Oblaten auf die §. 3736. erwähnte Weise an, so erhielt ich 12°25′ und 18°28′ als Winkelabweichung, 2,98 Mm. für die Entfernung des Randes der unempfindlichen Stelle von der Sehachse und 1,53 Mm. als Breite dieses Theiles. Wir finden daher 3,05 und 1,34 Mm. als Durchschnittsgrößen.

Die Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven steht um 3,4 bis 3,6 Mm. 3738
von dem hinteren Ende der Sehachse ab. Der eben erwähnte Durchschnittswerth liefert $3{,}05 + \frac{1{,}34}{2} = 3{,}72$ Mm., mithin eine sehr annähernde Größe. Der Durchmesser jener Eintrittsstelle gleicht 2,1 bis 2,7 Mm. Da aber der unempfindliche Theil nur 1,14 bis 1,53 Mm. einnimmt, so erhellt von selbst, daß nicht der ganze Markhügel des Sehnerven das eigenthümliche Ergebniß des Mariotte'schen Versuches begründen kann.

Das Gleiche läßt sich auf mittelbarem Wege darthun. Sollte näm- 3739
lich die gesammte Eintrittsstelle blind sein, so müßte die Unempfindlichkeit ungefähr bis zu einem Winkelabstande von 21° bis 24° in meinem Auge Anhang Nr. 163.
reichen. Ich erblicke aber schon Körper, die nur um 19° bis 20° seitlich entfernt liegen, mit einer für das indirecte Sehen befriedigenden Deutlichkeit.

Bedenken wir, daß die Centralgefäße der Netzhaut den Markhügel 3740
durchbohren, so kann uns dieses Verhältniß die Erscheinung in befriedigender Weise erklären. Wir haben hier eine von Blutgefäßen ausgefüllte Lücke der Nervenmasse. Es fällt mithin die Auffassung der Bilder von selbst hinweg.

Denken wir uns zwei Punkte, von denen der eine in die Verlänge- 3741
rung der Sehachse, der andere dagegen in den Anfang der unempfindlichen Netzhautstelle fallen soll, so wird die Entfernung des Auges von dem gegenseitigen Abstande jener beiden Punkte und dem nöthigen Abweichungswinkel abhängen. Beträgt dieser 12°25′ bis 13° für mein linkes Anhang Nr. 163.
Auge, so muß ich dieses 4,3 bis 4,5 mal so weit, als *b*, Fig. 280., von

Fig. 280.

dem Innenrande von *a* absteht, entfernt halten. Nimmt man 13° und 17°5 als Grenzwinkel an, so kann die Breite von *a* 0,37 oder beinahe $\frac{2}{5}$ der Entfernung *ac* betragen, wenn *a* vollkommen unsichtbar in dem Versuche werden soll. Geht man von dem Winkel 12°25′ und 18°28′ aus, so erhält man 0,52 oder fast genau die Hälfte.

[1]) Eine Reihe anderer Versuchsmethoden findet sich in Alb. Haller, Elementa Physiologiae. Tom. V. Lausannae 1763. 4. p. 470. 471.

3742 **Bewegungsgröße des einfachen Gesichtskreises.** — Dreht sich der Augapfel in irgend einer Richtung, so führt er gleichsam seine Sehachse und überhaupt seinen einfachen Gesichtskreis in einem entsprechenden Bogen herum. Man kann die Größe dieser Winkelbewegung an der Fig. 276. abgebildeten Vorrichtung messen, indem man die Nadeln von 0° bis 180° von 10 zu 10 Graden aufstellt. Der Mittelpunkt *k*, Fig. 276., muß hier mit dem Drehpunkte des Auges zusammenfallen.

3743 Young nahm an, daß die Grenzen der wagerechten Stellung des Auges 110° umfassen. Purkinje[1]) fand 150° bis 160° und zwar 60° für die Drehung nach innen und 90° bis 100° für die Bewegung nach außen. Meine Augen ergaben mir 110° bis 112° für die wagerechte und 100° bis 103° für die senkrechte Drehung.

3744 Halten wir uns an die für meine Augen gültigen Werthe, so kann Anhang Nr. 164. ich mittelst einer vollständigen wagerechten Drehung 48 bis 49 Centimeter bei 24 Centimeter Sehweite überblicken. Die senkrechte Bewegung giebt nur 44 Centimeter unter den gleichen Verhältnissen. Dehnt sich der Gesichtskreis auf die Entfernung einer süddeutschen Meile aus, so erhält man 14,2 bis 14,5 Kilometer für die wagerechte und 13 Kilometer für die senkrechte Drehung.

Nr. 164. des Anhanges giebt in dieser Hinsicht eine Reihe von Beispielen, die den §. 3730. erwähnten entsprechen.

3745 Soll der Umfang der sichtbaren Gegenstände, der bei diesen Wendungen überblickt wird, der Entfernung derselben gleich werden, so muß der Drehungswinkel 57°17′46″ betragen, so wie man die Lage des Drehpunktes des Auges im Verhältniß zu dem Abstande der leuchtenden Körper vernachlässigen kann. Anhang Nr. 164. Ist dieses nicht möglich, so verkleinert sich der Wendungswinkel um so mehr, je mehr jene Entfernung abnimmt. 10 Meter geben z. B. 57°14′ und 24 Centimeter 54°35′.

3746 **Auffassung der verschiedenen Bilder des einfachen Gesichtskreises.** — Wir erblicken in der Regel diejenigen Gegenstände, die in der Richtung der Verlängerung unserer Sehachse liegen, am deutlichsten. Wir pflegen dafür die weiter nach außen oder nach innen abgespiegelten Bilder zu vernachlässigen. Wir dürfen aber nicht annehmen, daß nur der mathematische Punkt des hinteren Endes der Sehachse zum schärfsten Sehen gebraucht wird. Man kann sich leicht überzeugen, daß wir immer eine kleine Fläche auf einmal auffassen (vergl. §. 3733.).

3747 Mein Auge erblickt gleichzeitig so viele, mit mäßig großer Schrift gedruckte Buchstaben, daß die Breite des Ganzen 4,5 Mm. beträgt. Der Anhang Nr. 146. Abstand von der Hornhaut kann dann bis 27 Centimeter wachsen. Verlegen wir den optischen Mittelpunkt 8,7 Mm. hinter das vordere Ende der Augenachse, so finden wir 55½ Minuten für den Gesichtswinkel und 0,218 Mm. für das Netzhautbild. Die auffassende lineare Ausdehnung

---

[1]) S. Th. v. Sömmerring, Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Umgearbeitet und beendigt von E. Huschke. Leipzig, 1844. 8. S. 699.

der Netzhaut erstreckt sich daher etwas mehr als $^1/_{10}$ Mm. zu jeder Seite des mathematischen hinteren Endpunktes der Sehachse. Nehmen wir an, der Durchmesser des gelben Fleckes betrage 2,3 Mm., so würde die gleichzeitig auffassende Fläche ungefähr $^1/_{10}$ desselben für mein Auge betragen und sich um $^1/_{20}$ an jeder Seite der Sehachse linear ausdehnen.

Die optischen Eigenschaften der erblickten Gegenstände und der Grad 3748
unserer Aufmerksamkeit bestimmen es, welche Menge von Bildern mit vollem Bewußtsein wahrgenommen wird. Bieten sich viele verschiedene Leuchtpunkte, von denen wir jeden so genau als möglich betrachten wollen, dar, so berücksichtigen wir zunächst nur die, welche in der unmittelbaren Nähe der Verlängerung der Sehachse liegen. Wir überlassen daher die Vervollständigung der Erkenntniß der mit der Zeit möglichen Wendung des Augapfels. Es wird daher noch der größte Theil der Bilder, die auf die übrigen Theile des gelben Fleckes fallen, vernachlässigt.

Drängen sich viele Einzelheiten von ziemlich gleicher Bedeutung auf 3749
einen kleinen Raum zusammen, so verliert nicht selten die Auffassung ihre sichere Haltung. Der Blick ruht dann z. B. bei dem Anschauen einer Sternzeichnung, einer Arabeske, einer feinen Stickerei, bald auf der einen, bald auf der anderen Stelle. Er irrt gleichsam in kleinen Winkelbewegungen umher, um den einen oder den anderen Punkt schärfer wahrzunehmen. Wird unser Auge oder unser Geist von der Mannichfaltigkeit der Gegenstände weniger gefesselt, so kann sich auch eine größere Masse von Bildern der unklareren Wahrnehmung aufdrängen. Der gedankenlose Blick in die Ferne vermag uns hiervon am leichtesten zu überzeugen. Das Auge bleibt ruhig oder es bewegt sich ohne Plan, weil kein Gegenstand wesentlich bevorzugt wird. Ist unser Geist von Nachdenken völlig eingenommen, so stört uns kein Bild, welches das Auge an irgend einem Orte seines Gesichtsfeldes darbietet.

Die Lichtstärke, mit der die Gegenstände auf die Netzhaut wirken, der 3750
Empfänglichkeitsgrad von dieser und die Aufmerksamkeit des Geistes werden vor Allem bestimmen, in welchem Maaße sich die Bilder, die sich seitlich von dem hinteren Ende der Sehachse abspiegeln, geltend machen. Legt man eine Reihe von farbigen Papierstückchen auf ein weißes Blatt so auf, daß eines in die Mitte kommt und daß die übrigen dieses kreisförmig umgeben, so werden diese um so undeutlicher, je mehr man jenes mit einem Auge anhaltend betrachtet. Es erzeugt sich nach und nach eine Art von Nebelwallen an denjenigen Orten, an denen die äußeren Farbenstückchen angebracht sind, bis sie endlich dem Blicke gänzlich entgehen. Bläst man sie eher hinweg, so dauert noch jene subjective Täuschung fort[1]). Da das Gelb die größte Lichtstärke besitzt, so tritt auch die Wirkung bei ihm früher, als bei anderen Farben ein[2]).

Fesselt der Gegenstand, der sich in der Verlängerung unserer Seh- 3751

[1]) J. Purkinje, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie des Sehens. Bd. I. Prag, 1819. 8. S. 76 — 78.
[2]) Vergl. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 370.

achse befindet, die Aufmerksamkeit in mäßigem Grade, so können wir noch Bilder, die seitlich liegen, wahrnehmen. Befinden sie sich in dem Bereiche des indirecten Gesichtsfeldes (§. 3727.), so führt oft ihre Unbestimmtheit zu wesentlich irrigen Deutungen. Bewegt sich der unrichtig gesehene Gegenstand, so wird die Täuschung noch leichter möglich. Lesen wir in einem Buche, so halten wir nicht selten ein seitlich vorüberfliegendes Insect für eine Maus, die am Fußboden dahinläuft.

3752 Eine größere Aufmerksamkeit setzt uns umgekehrt in den Stand, die indirecten Bilder wenigstens bis auf einen gewissen Grad zu bevorzugen. Menschen, die sich gewöhnen, das, was seitlich vorgeht, bei scheinbar gerade nach vorn gerichtetem Blicke zu belauschen, erlangen hierin nicht selten eine große Fertigkeit mittelst anhaltender Uebung. Das indirecte Bild wird ihnen endlich fast eben so deutlich, als das directe, weil die Richtung der Aufmerksamkeit mit der Schärfe der optischen Verhältnisse in Wettstreit tritt.

3753 Aufrechtsehen. — Wir haben §. 3539. gefunden, daß sich ein oberer Punkt eines leuchtenden Gegenstandes auf der Netzhaut verhältnißmäßig unten und ein rechter links abspiegelt. Es entsteht auf diese Weise ein verkehrtes Bild. Verbindet man seine Endpunkte mit denen des entsprechenden Gegenstandes durch gerade Linien oder Richtungslinien, so durchkreuzen sich diese in dem optischen Mittelpunkte (§. 3555.), der vor die Mitte der Augenachse oder vor den Drehpunkt des Auges zu liegen kommt.

3754 Befindet sich auch die Netzhautabbildung des Daches unten und die des Erdgeschosses oben, so erscheint uns dessenungeachtet ein Haus in seiner richtigen Stellung. Man nennt diesen Widerstreit der optischen und der physiologischen Verhältnisse das Aufrechtsehen. Der Ausdruck bezeichnet, streng genommen, zu wenig, weil die Umkehrung nicht bloß für das Oben und Unten, sondern auch für das Rechts und Links wiederkehrt.

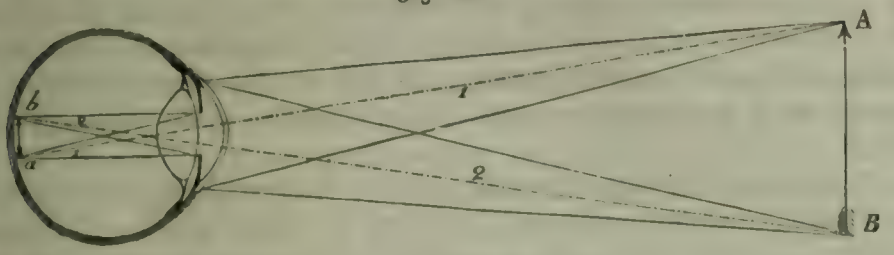
3755 Die Erläuterung dieser Erscheinung gehört zu denjenigen Aufgaben, die bis jetzt in keiner genügenden Weise gelöst worden sind. Klare und unklare Vorstellungen kämpfen noch gegenwärtig auf diesem Gebiete. Die Einen halten eine Erforschung der Gründe für nothwendig, die Anderen dagegen aus später anzuführenden Ursachen für überflüssig.

3756 Man kann diesen Widerspruch daraus herleiten, daß hier optische und physiologische Beziehungen in vielen Fällen in Wettstreit kommen. Jene bestimmen bisweilen vor Allem die Art der Auffassung. Es kommt aber auch umgekehrt vor, daß sich unser Urtheil von allen Einflüssen der Richtung der Netzhautbilder freihält. Einige Beispiele können uns diese schwankenden Verhältnisse klar machen.

3757 Stellt man sich die Aufgabe, das Aufrechtsehen von einem einfachen mechanischen Gesichtspunkte aus zu erklären, so gelangt man zum Ziele, wenn man im Allgemeinen annimmt, daß wir die Bilder in gewissen Richtungs- oder in bestimmten Sehlinien nach außen versetzen. Denken wir uns, AB, Fig. 281., sei der erblickte Gegenstand und ab sein Netzhautbild, so werden wir AB in seiner richtigen Lage wahrnehmen,

wenn wir gleichsam die Richtungen, in denen die Wirkungen des Lichtes auf die Netzhaut gelangen, nach außen in unser Gesichtsfeld umgekehrt

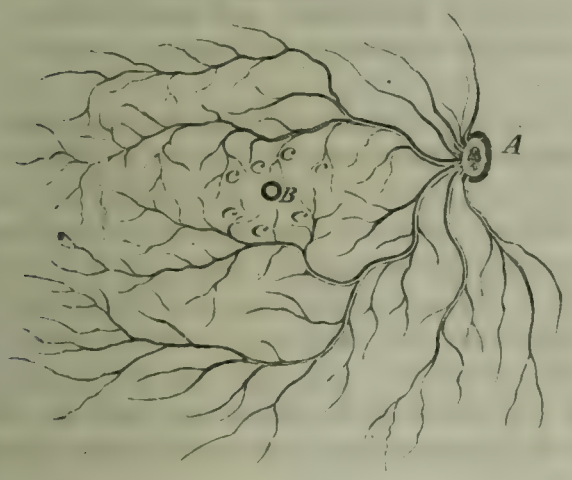
Fig. 281.



übertragen, wenn wir mithin den Lichteindruck *a* nach *A* und *b* nach *B* durch 1 und 2 versetzen.

Die subjectiven Gesichtserscheinungen lehren, daß eine solche entgegen- 3758
gesetzte Beziehung der thätigen Stellen der Netzhaut und der Orte des Sehfeldes allerdings vorkommt. Die Aderfigur des Auges kann uns dieses am besten versinnlichen. Wir werden in der Folge sehen, daß sich jeder Mensch einen Theil der Blutgefäße, die sich auf der Netzhaut verbreiten, die Vertiefung des gelben Fleckes und die Eintrittsstelle des Sehnerven unter gewissen künstlichen Bedingungen zur Anschauung bringen kann. Hat er sein rechtes Auge zu dem Versuche gebraucht, so erblickt er die Fig. 282. gezeichnete Figur. Die Eintrittsstelle des Sehnerven *A* liegt nach außen und die Vertiefung des gelben Fleckes *B* nach innen. Beide Gebilde haben aber gerade die entgegengesetzte Lage in der Netzhaut der rechten Seite. Die Druckfiguren können das Gleiche beweisen.

Fig. 282.



Manche objective Er- 3759
scheinungen des Sehens lehren umgekehrt, daß das Urtheil, das wir uns über die Stellung der Gegenstände bilden, nicht von dem absoluten Orte der Netzhaut, auf den sie ihr Licht werfen, sondern von dem durch andere Verhältnisse begründeten Bewußtsein der richtigen Stellung abhängt. Steht ein Mensch aufrecht, so spiegelt sich ein oberer Punkt des Gegenstandes unten oder umgekehrt ab. Stellt er sich auf den Kopf, so erblickt er immer noch die vor ihm liegenden Körper in ihrer früheren Lage, obgleich jetzt die entgegengesetzten Orte der Netzhaut von

den gleichen Punkten angeregt werden. Die Sinnesanschauung weiß gleichsam, daß sich die Augen und nicht die Gegenstände umgekehrt haben.

3760 Einzelne Forscher nehmen an, daß wir allerdings verkehrt sehen, daß wir uns aber dieser Täuschung nie bewußt werden, weil sie alle Gegenstände unseres Sinnenkreises umfaßt [1]). Andere [2]) glauben, daß die Räumlichkeitsverhältnisse der Netzhautbilder an und für sich keine Belehrung gewähren. Erst die Erziehung des Sinnes verleihe ihnen einen gewissen Einfluß.

3761 Man sieht, daß diese Vorstellungen die Nothwendigkeit einer genaueren Erklärung des Aufrechtsehens in Abrede zu stellen suchen. Diejenigen, welche ein wahres Verkehrtsehen zugeben, berufen sich darauf, daß keine Störung aus diesem Mißverhältnisse hervorgehen könne, weil wir zwar Alles in einer entgegengesetzten, aber in der gleichen relativen wechselseitigen Lage wahrnehmen. Die Drehung der Erde entgeht aus ähnlichen Gründen der unmittelbaren Auffassung. Wir bemerken sie erst, wenn wir die Stellung unseres Aufenthaltsortes mit der nicht terrestrischer Gegenstände vergleichen. Was uns oben erscheint, würde für die Gesichtsauffassung unseres Gegenfüßlers zu unten werden, wenn dieser nicht die relativ umgekehrte Lage einnähme.

3762 Sollten unter diesen Verhältnissen die Widersprüche gänzlich mangeln, so dürften die Zeugnisse anderer Theile unseres Körpers den wahren Sachverhalt nicht aufdecken. Wir erfahren aber jeden Augenblick, daß wir unser Auge senken müssen, um die Sehachse auf einen tieferen Punkt eines Gegenstandes zu richten. Das Tastgefühl giebt dem Blindgeborenen keine andere Belehrung, als uns. Es wäre überdies auffallend, wenn die Natur einen solchen Uebelstand, den wir mit Leichtigkeit in unseren optischen Werkzeugen, z. B. bei dem Galiläischen und dem terrestrischen in Vergleich mit dem astronomischen Fernrohre beseitigen, zu verbessern unterlassen hätte.

3763 Manche Beobachter setzen voraus, daß wir allerdings verkehrt sehen, daß aber die nöthige Bewegung der Augenmuskeln und der übrigen Körpertheile den wahren Stand der Verhältnisse allmälig offenbart [3]). Die Bewegungsideen (§. 3263.) oder die nach und nach gewonnene Erfahrung sollte erst den richtigen Thatbestand kennen lehren. Eine andere Vorstellung verwandter Art geht davon aus, daß die Lage des Netzhautbildes für das ungeübte Auge einflußlos sei, die Anschauungen des geübten dagegen bestimmen helfe [4]). Wäre dieses der Fall, so ließe sich erwarten, daß ein Blindgeborener, dem eine geeignete Operation die Gabe des Sehens plötzlich verleiht, Alles in umgekehrten oder in unbestimmten Lagen-

---

[1]) Siehe z. B. J. F. W. Herschel, a. a. O. S. 159. Joh. Müller, S. 357. 358. Vergl. auch die Zusammenstellung in A. A. Berthold, Das Aufrechterscheinen der Gesichtsobjecte. Zweite vermehrte Ausgabe. Göttingen, 1834. 8. S. 40.

[2]) Volkmann, a. a. O. S. 340.

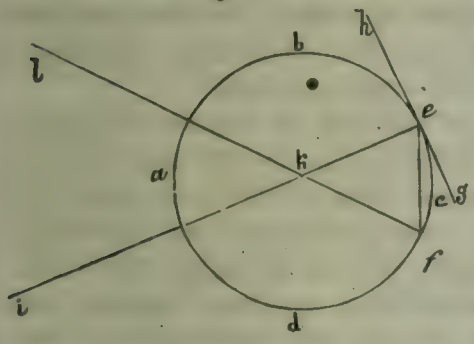
[3]) J. H. Steinbach, Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 15. A. A. Berthold, a. a. O. S. 69 fgg.

[4]) Volkmann, a. a. O. S. 342.

beziehungen erblickt. Wir werden in der Folge finden, daß sich dann allerdings gewisse Unvollkommenheiten für die Beurtheilung der Entfernungen und einzelner hiervon abhängender Verhältnisse kundgeben. Keine sichere Beobachtung konnte aber die oben erwähnte Forderung jener Erklärungsweise befriedigen [1]).

Young, Brewster [2]) und Bartels [3]) suchten das Aufrechtsehen 3764
auf einem anderen Wege begreiflich zu machen. Man nimmt hiernach an, daß das Auge einer Kugel *abcd*, Fig. 283., gleicht. Fällt ein Bild *ef* auf die Netzhaut, so versetzen wir *e* so nach außen, daß die Linie *ei* auf der durch den Punkt *e* gelegten Tangente *gh* senkrecht steht. Da sich aus den Eigenschaften der Kugel ergiebt, daß *ei* durch den Mittelpunkt *k* geht, so folgt von selbst, daß *k* dem optischen Mittelpunkte entspricht. Wir haben aber früher (§. 3561.) gesehen, daß dieses nicht der Fall ist. Man kann daher dieser Annahme entgegensetzen, daß sie nicht bloß auf einer willkürlichen, sondern selbst auf einer nicht ganz richtigen Voraussetzung beruht.

Fig. 283.



Aeltere Forscher haben bisweilen vermuthet, daß eine eigenthümliche 3765
Anordnung der Nervenfasern der Netzhaut oder des Gehirns das verkehrte Netzhautbild für die Wahrnehmung abermals umwendet und so das Aufrechtsehen herbeiführt. Die Anatomie ist nicht im Stande, diese Voraussetzung mit näheren Belegen zu unterstützen. Die Thatsachen, die §. 3758. und §. 3759. über die Verhältnisse des subjectiven Sehens und der richtigen Auffassung der Lage der Körper bei dem Stehen auf dem Kopfe mitgetheilt wurden, widerstreiten überdies jener Hypothese.

Da der optische Mittelpunkt hinter der Vorderfläche der Regenbogen- 3766
haut liegt, so glaubte man zum Ziele gelangen zu können, wenn man die Wirkung dieses Theiles des Augapfels zu Hilfe zöge. Die Netzhaut selbst sollte nur die Helligkeitsgrade und die Farben der Bilder anzeigen, während die empfindenden Nerven der Regenbogenhaut die räumlichen Beziehungen erkennen ließen, mithin auch das Aufrechtsehen möglich machten [4]). Bedenkt man aber, daß man die Gegenstände durch eine noch so kleine Oeffnung, die den Umfang der Pupille nicht erreicht und dem Auge so nahe als möglich liegt, in ihrer natürlichen Lage bemerkt, daß die stärkste Pupillenerweiterung nach dem Einträufeln von Bilsenkraut- oder Toll-

---

[1]) Vergl. Berthold, a. a. O. S. 42.
[2]) D. Brewster, Populäres vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Hartmann. Leipzig und Quedlinburg, 1835. 8. S. 79. 80.
[3]) C. M. N. Bartels, Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Berlin, 1834. 4. Seite 23 fgg.
[4]) Zenneck, in Walther's und Ammon's Journal für Chirurgie und Augenheilkunde. Bd. VI. 1847. 8. S. 50 — 60.

kirschenextract das Aufrechtsehen nicht ändert, so ergiebt sich von selbst, daß jene Vorstellung der Wahrheit widerstreiten muß [1]).

3767 Eine andere, im Wesentlichen schon von Kepler, Cartesius, Scheiner, Mariotte und Porterfield ausgesprochene Ansicht trägt die §. 3758. erwähnten Verhältnisse der subjectiven Gesichtserscheinungen auf das objective Sehen über. Wir haben bemerkt, daß die Thätigkeitswirkung eines inneren Punktes der Netzhaut verhältnißmäßig nach außen und umgekehrt versetzt wird, daß mithin hier gewisse sich kreuzende Sehlinien vorhanden sind. Spiegelt sich ein äußerer Gegenstand auf der Netzhaut ab, so wiederholt sich eine ähnliche Anregung für diese und eine entsprechende Wirkung für die Auffassung des Gesehenen. Es ergiebt sich hieraus, daß der Gegenstand aufrecht erscheinen muß.

3768 Jeder Punkt der Netzhautfläche, auf der sich ein äußerer Gegenstand abspiegelt, empfängt einen Kegel von Lichtstrahlen, die sich auf, vor oder hinter ihr vereinigen. Denkt man sich nun, daß die Sehlinie, welche die zuletzt erwähnte Ansicht voraussetzt, von diesen Bedingungen ursprünglich bestimmt werden kann, so muß der Erfolg von der Resultante jener Wirkungen abhängen. Wir werden die Anschauung in ihrer Richtung nach außen versetzen. Es würde mithin die Art, wie die Lichtstrahlen die Netzhautpunkte anregen oder in sie einströmen, das Ergebniß so lange bedingen, als nicht die geistige Auffassung und Deutung den Einfluß verwischen.

Volkmann [2]) hat dieser Anschauungsweise entgegengesetzt, daß das Gesetz des Parallelogrammes der Kräfte, das nur für die Mechanik gültig sei, auf die Empfindungen nicht übertragen werden könne, weil die Massen, für die sich jene Bewegungsnorm geltend machen sollen, mangeln. Ich glaube, daß Ansichten der Art den besten Theil der optischen Kenntnisse verleugnen. Mag man die Erscheinungen des Lichtes nach der Ausfluß- oder nach der Wellentheorie auffassen, so sind es in beiden Fällen die gewöhnlichen mechanischen Grundsätze, die man auf die Lichttheilchen oder auf die Aethermolecüle überträgt. Die Wellenlehre hat zwei Verhältnisse des Sehens, die Auffassung der Lichtstärke (§. 3356.) und die der Farben, in klarer Weise begreiflich gemacht, indem sie annahm, daß die Lichtwellen entsprechende Wellenerschütterungen der Netzhaut anregen. Die mechanischen Grundsätze der Erhaltung der lebendigen Kräfte und der harmonischen Schwingungen der Nebenkörper führten hier zu einem befriedigenderen Endziele, als allgemeine Begriffe, die nur unbestimmtere Vorstellungen zu erzeugen vermögen.

3769 Ueberblicken wir das Ganze dieser Untersuchung, so müssen wir zugeben, daß keine der bis jetzt aufgestellten Meinungen den Forderungen genügt. Diejenigen Forscher, welche ein wahres Verkehrtsehen voraussetzen oder die Lage der Netzhautbilder für gleichgültig halten, können die Umkehrung, die in dem subjectiven Gesichtsfelde vorkommt, nicht erklären. Nimmt man Richtungs- oder Sehlinien an, so finden sich einzelne Verhältnisse, in denen die Wahrnehmung ihren Vorschriften nicht gehorcht (§. 3759.). Man muß dann voraussetzen, daß die geistige Auffassung die durch die Netzhaut gegebenen Bedingungen verbessert oder selbst gänzlich

---

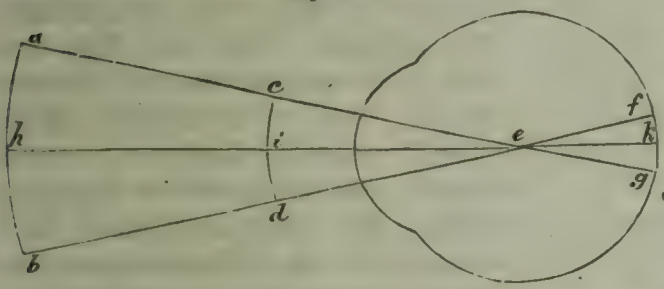
[1]) Vergl. N. Berend, Ebendaselbst. Bd. VII. S. 242 — 252.
[2]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Braunschweig, 1846. 8. S. 345.

aufhebt. Die Kenntnisse, die wir jetzt besitzen, reichen aber noch nicht hin, diese Vorstellungsweise, zu der man durch Nebenverhältnisse gezwungen wird, von den Merkmalen einer willkürlichen Annahme zu befreien.

Wahrnehmung der flächenhaften Ausdehnung. — Sie 3770
hängt zunächst von der Größe der Netzhautbilder oder richtiger von der Menge der Punkte, die wir mit völliger Schärfe im Einzelnen unterscheiden, ab. Vernachlässigt man die verhältnißmäßig unbedeutenden Veränderungen, welche die Lage des optischen Mittelpunktes mit dem Wechsel der Entfernungen erleidet (§. 3564.), so wird dann der Gesichtswinkel das Maaß für das befriedigende Sehen der Größen abgeben.

Da ein näherer kleinerer Gegenstand *cd*, Fig. 284., denselben Seh- 3771
winkel *ced*, wie ein entfernter größerer *ab* haben kann, so müssen sich dann die Netzhautbilder von beiden, wenn sie sich noch in der gehörigen Sehweite befinden, decken. Die tägliche Erfahrung vermag uns von der Richtigkeit dieses Verhältnisses zu überzeugen. Sehr weit abstehende Körper erscheinen auch verhältnißmäßig kleiner und nähere größer, weil jene unter einem geringeren und diese unter einem bedeutenderen Gesichtswinkel erblickt werden.

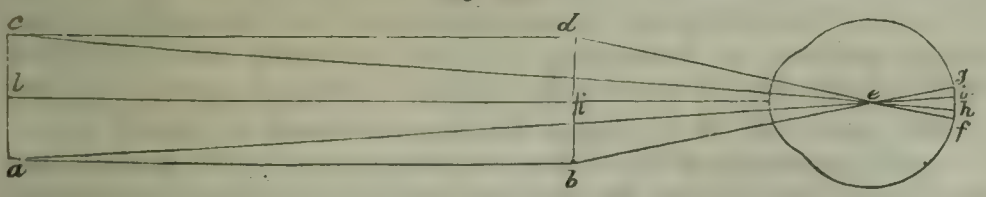
Fig. 284.



Nimmt man an, daß der Unterschied *hi*, Fig. 284., der Entfernungen der gesehenen Körper *ab* und *cd* den optischen Mittelpunkt um eine nur verschwindend kleine Größe verrückt, so müssen sich die Ausdehnungen der Netzhautbilder umgekehrt, wie die Entfernungen der Gegenstände verhalten. Kann unsere Nervenhaut gleich viel Punkte an beiden im Einzelnen erkennen, so werden wir auch die Größen nach jener gegenseitigen Beziehung beurtheilen. Ist dieses nicht der Fall, so wechselt auch die Auffassung, weil gleichsam ein anderer lebendiger Maaßstab der Wahrnehmung zum Grunde gelegt wird.

Die Verschiedenheit des Gesichtswinkels, unter dem wir gleich große 3772
Gegenstände auffassen, kann unser Urtheil verfälschen. Denken wir uns, *ab* und *cd*, Fig. 285., seien zwei parallele Reihen von Körpern, die sich

Fig. 285.

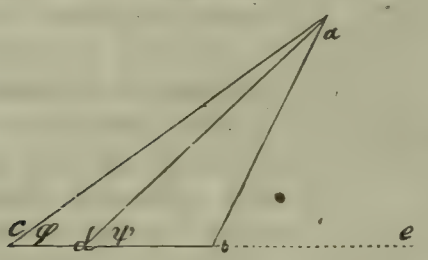


unserem Auge darbieten, so wird der Zwischenraum *db* dem anderen parallelen Abstande *ca* gleichen. *ca* scheint uns nichts desto weniger schmaler, als *db* zu sein, weil wir jede Entfernung unter dem kleineren Gesichtswinkel *cea* und diese unter dem größeren *deb* erblicken. Es erklärt

sich hieraus, weshalb es uns vorkommt, als wenn eine lange Ackerfurche nach und nach spitzwinkelig zusammenlaufe, als wenn sich eine gerade Allee an ihrem hinteren Ende schließe, als wenn sich die Decke und der Fußboden einer sehr ausgedehnten und niedrigen Kegelbahn wechselseitig näherten. Sollten die Täuschungen vermieden werden, so müßten die sichtbaren Punkte so gestellt sein, daß alle den gleichen Gesichtswinkel trotz ihrer abweichenden Entfernungen darbieten. Varignon[1]) suchte schon die krumme Linie, welche diese Bedingung erfüllt, zu berechnen.

3773 Eine schief aufsteigende Reihe von Körpern stellt sich aus großer Ferne kürzer und steiler, als in der Nähe dar. Nehmen wir an, der optische Mittelpunkt des Auges liege in *c*, Fig. 286., und der betrachtete Gegenstand verlaufe in der Richtung *ab*, so wird er unter dem Gesichtswinkel φ aufgefaßt. Rückt das Auge nach *d*, so vergrößert sich der Gesichtswinkel, weil ψ den äußeren Winkel des Dreieckes *acd* bildet. *ab* erhält daher eine bedeutendere scheinbare Länge. Der größere Abstand *cb* wirkt daher auf unsere Wahrnehmung, als wenn sich der Weg *ab* verkürzte.

Fig. 286.



Wir beurtheilen die Steilheit desselben oder die Winkelgröße *abe* nach dem Grade der seitlichen Verschiebung, die *a* in Bezug auf *b* erleidet. *abe* muß uns um so kleiner vorkommen, je bedeutender jenes Bedingungsglied wächst. Betrachten wir aber *ab* aus weiterer Ferne, so verringert sich auch die verhältnißmäßige Abweichung von *a* und *b*. *abe* erscheint uns daher größer und der Weg *ab* steiler.

3774 Da die beiden Schenkel eines und desselben Gesichtswinkels um so weiter aus einander fahren, je mehr sie sich verlängern, so folgt von selbst, daß sich unser Ueberblick mit der Zunahme des Abstandes des Gesichtsfeldes erweitert (§. 3730.). Wir haben aber §. 3690 ff. gesehen, daß die Netzhautbilder eine gewisse Größe besitzen müssen, wenn sie noch wahrgenommen werden sollen. Es ergiebt sich hieraus, daß wir mehr kleine Einzelheiten in einem nahen, als in einem fernen Gegenstande unterscheiden, oder allgemeiner ausgedrückt, daß die Flächen, die uns noch als die feinsten wahrnehmbaren Punkte erscheinen, mit der Entfernung der Leuchtgegenstände an Ausdehnung gewinnen. Da aber hierbei die Lichtstärke und die Schärfe der Umrisse, wie wir bald sehen werden, abnimmt, so sieht man, daß sich die nahen Körper im Vortheil befinden.

3775 Die zeichnenden Künste fußen größtentheils auf diesen Verhältnissen. Ein Oelgemälde, das die schönsten Figuren in der nöthigen Entfernung dem Auge darbietet, zeigt nur eine Reihe von Strichen und Farbenkörnern in allzugroßer Nähe. Es erklärt sich zugleich, weshalb zweckmäßig

---

[1]) Varignon, in den Mémoires de l'Académie des sciences. Paris. 1717. 4. p. 67. Vergl. auch Bougier, Ebendaselbst. 1757. pag. 156.

vertheilte Reihen geschriebener Buchstaben den Eindruck einer Arabeske oder anderer Federzeichnungen aus der Ferne hervorrufen können.

Betrachten wir einen Gegenstand, der eine gewisse Flächenausdehnung 3776
besitzt, so führen wir in der Regel die Sehachse Punkt für Punkt weiter fort, um so zu einem vollständigen Ueberblicke zu gelangen und das Ganze auf dem Wege des directen Sehens zu erkennen. Geschieht dieses ausnahmsweise nicht, so werden die Theile, die immer weiter von der Sehachse liegen, undeutlicher wahrgenommen. Da aber das indirecte Sehen in senkrechter Richtung früher, als in wagerechter aufhört, so erscheint auch der Gegenstand, wenn er groß genug ist, von oben nach unten mehr, als von einer Seite zur anderen verkürzt zu sein. Bezeichnet man sich einen schwarzen Punkt, auf den man die Sehachse des einen Auges richtet, in der Mitte eines quadratischen Papierblattes, so kann man meist den eben erwähnten Unterschied wahrnehmen.

Die Kenntnisse, die wir über die Größenverhältnisse gewisser Gegen- 3777
stände aus früheren Erfahrungen gewonnen haben, bestechen häufig unser Urtheil in anderen Fällen. Wir vernachlässigen deshalb kleinere Unterschiede des Gesichtswinkels. Ein Mensch, der einen halben Meter von uns entfernt ist, erscheint uns eben so groß, als wenn der Abstand zwei Meter beträgt. Sehen wir die Sonne oder den Mond dicht neben einem nahen Berge oder einem Walde, so halten wir jene Gestirne für umfangreicher, als sonst, weil wir unserem einmal festgestellten Urtheile über das Areal der Bilder mehr trauen, als anderen Bestimmungsgliedern, die sich im Augenblicke darbieten. Wir werden noch in der Folge auf ähnliche Täuschungen zurückzukommen Gelegenheit haben.

Die Größe der Netzhautbilder oder die zur vollständigen Uebersicht 3778
nöthige Wendung der Sehachse bestimmt nicht immer ausschließlich das Urtheil, das wir über die Ausdehnung der erblickten Oberfläche fällen. Unsere Schätzung hängt auch bisweilen von der Lichtstärke derselben ab.

Die Intensität der Beleuchtung nimmt zwar mit dem Quadrate der Entfernung ab. Lassen wir aber die schon §. 3647. angeführten Nebenwirkungen der Brechung bei Seite, so dürfen wir zunächst erwarten, daß sich dieser Einfluß im Auge von Neuem ausgleicht, weil sich das flächenhafte Bild in demselben Maaße verkleinert, so wie das lineare in gleichem Verhältnisse des Abstandes abnimmt. Ein und derselbe Körper müßte uns daher gleich hell erscheinen, wir mögen uns ihm nähern oder umgekehrt weiter von ihm entfernen.

Diese Annahme setzt natürlich voraus, daß alle Strahlen, die von jedem Punkte des leuchtenden Körpers ausgehen, in jedem entsprechenden Punkte des Bildes von Neuem vereinigt werden. Könnte dagegen das Sehloch eine einflußreiche Menge derselben in dem Lichtkegel eines Leuchtpunktes abschneiden, so müßte ein näheres Bild an Helligkeit gewinnen. Anhang Nr. 165.

Hat man ein brennendes Licht vor einer doppelt converen Linse so aufgestellt, daß das hinter ihr in einer passenden Entfernung befindliche Auge ein umgekehrtes Bild erblickt, so wechselt die Helligkeit des von der Flamme beleuchteten Kerzenstückes mit der Entfernung des Lichtes. Rückt

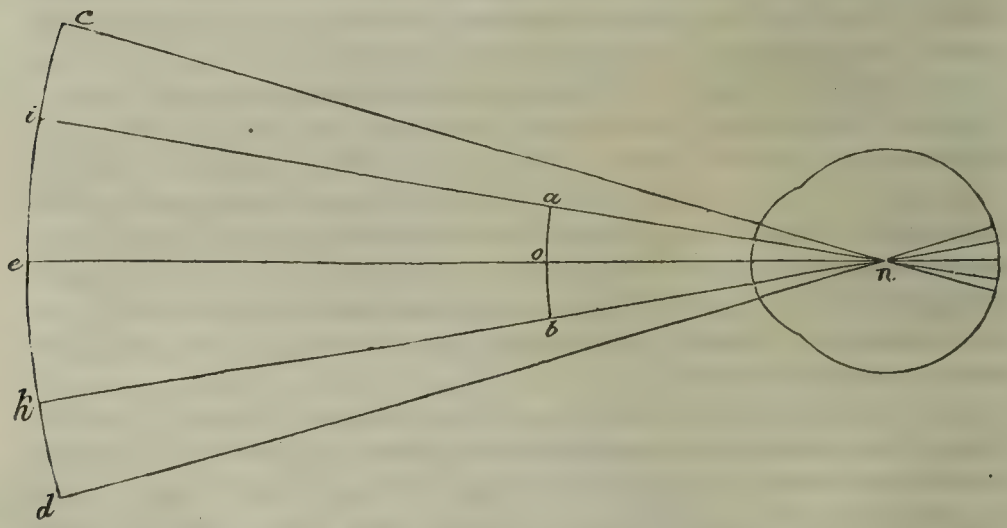
dieses näher und vergrößert sich auf diese Weise das Bild, so nimmt auch die Lichtstärke zu. Fängt man die Bilder zweier ungleich entfernter Körper auf zwei in den passenden Abständen befindlichen Schirmen auf, so kann man den gleichen Unterschied wahrnehmen.

3779 Befinden sich zwei ungleich beleuchtete Körper in ungefähr gleichen Entfernungen vom Auge, so halten wir nicht selten den helleren und glänzenden für näher, als den entfernteren. Die von der Sonne beschienenen Gletscherflächen der Alpen, glänzende Wasserspiegel und ähnliche Körper können Täuschungen der Art herbeiführen. Besteht ein Körper aus sehr glänzenden und aus matten oder dunklen Flächen, so pflegt seine Körperlichkeit schärfer als bei gleichförmigerer Beleuchtung hervorzutreten. Wir suchen so die stärkere Erschütterung der Netzhautmolecüle mit einer größeren Nähe des anregenden Körpers in Beziehung zu bringen.

3780 Weichen zwei Körper in ihrer Lichtstärke und in ihren Entfernungen ab, so kann natürlich eine Ausgleichung oder eine Erhöhung des Mißverhältnisses stattfinden. Eine größere Helligkeit wird uns aber leicht auf eine bedeutendere Nähe und umgekehrt schließen lassen. Täuschungen können auf diesem Wege mit Leichtigkeit zu Stande kommen. Wird ein Haus, das auf einem fernen Berge liegt, von der Sonne einseitig erleuchtet, so versetzen wir es in eine größere Nähe, als bei bedecktem Himmel. Erblicken wir des Nachts eine Feuersbrunst, so verlegen wir sie in eine geringere Entfernung, als am Tage.

3781 Die Verhältnisse des Gesichtswinkels führen bisweilen ebenfalls zu irriger Beurtheilung der Größe und der Entfernung. Nehmen wir an, *ab*, Fig. 287., sei ein näherer Gegenstand, den wir unter dem Gesichts-

Fig. 287.



winkel *anb*, und *cd* ein entfernterer größerer Körper, den wir unter *cnd* wahrnehmen, so halten wir natürlich *cd* trotz seiner bedeutenderen Entfernung für größer, als *ab*. Unser Urtheil hängt aber wesentlich davon ab, ob noch andere Gegenstände von zunehmender Größe zwischen *ab* und *cd* liegen. Ist dieses der Fall, gehen wir gewissermaßen von

einem immer bedeutenderen Gesichtswinkel zum anderen über, so scheint uns *cd* verhältnißmäßig ausgedehnter und entfernter zu sein, als wenn jener nicht stattfindet.

Betrachten wir z. B. mehrere Gebirgsketten, die sich terrassenförmig 3782
hinter einander erheben, aus großer Ferne, so entgehen uns die wechselseitigen Abstände der einzelnen Höhenzüge mehr oder minder, weil die Luft keine weiteren Anhaltpunkte zum Vergleiche darbietet. Sammeln sich Wolken zwischen je zwei Gebirgsreihen, so wird schon unser Urtheil verbessert. Besteigen wir die eine Hügelkette, so liefern uns die Bäume und Häuser des zwischen ihr und der folgenden Bergreihe befindlichen Thalgrundes sicherere Anhaltpunkte.

Liegt kein sichtbarer Körper zwischen unserem Auge und dem Gegen- 3783
stande, so halten wir ihn für kleiner und vorzüglich für weit näher, als er wahrhaft ist. Befinden wir uns auf einer hohen Spitze, wie der Wengernalp oder dem Faulhorn, der nur noch höhere Gletscherberge gegenüberliegen, so halten wir diese für sehr nahe, wenn auch noch ihr unmittelbarer Abstand eine Reihe von Stunden beträgt. Aehnliche Täuschungen wiederholen sich in Sandwüsten oder auf offenem Meere. Selbst geübte Schützen wollen schon hier häufig anlegen, wenn sich noch das Thier außerhalb der Schußweite befindet. Daher auch die Regel, in solchen Fällen nie früher auf größere Geschöpfe zu schießen, als bis man deren Augen deutlich wahrnimmt. Es erklärt sich auch aus den oben angeführten Verhältnissen, weshalb uns das Himmelsgewölbe nicht wie eine vollkommene Kugelschale, sondern nach dem Mittagskreise zu abgeplattet erscheint und aus welchem Grunde wir die Sonne, abgesehen von den Einflüssen der Strahlenbrechung, in der Mittagshöhe kleiner, als an dem Horizonte sehen.

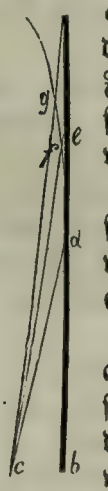
Ist es uns möglich, viele Einzelnheiten von kleinerem Umfange an 3784
einem fernen Gegenstande zu unterscheiden, so glauben wir auch unwillkürlich, daß er unserem Auge näher liege. Dieses ist der Grund, weshalb optische Instrumente, wie Fernröhre, welche den Gesichtswinkel vergrößern (§. 3709), den scheinbaren Abstand verkleinern. Ein Operngucker läßt uns das Gesicht eines Menschen genauer erkennen und rückt es uns zugleich um Vieles näher. Mögen wir auch wissen, daß dieses eine Täuschung sei, so können wir sie doch nicht zurückweisen.

Die Beleuchtung gewinnt hier einen wesentlichen Einfluß. Ist z. B. 3785
der Himmel klar, die Luft sehr rein und bescheint die Sonne die ausgedehnten Gletschermassen der Hochalpenkette, so erblicken wir weiße einförmigere Flächen, an denen wir eine geringere Zahl einzelner verschiedener Körper unterscheiden. Es kommt uns daher auch vor, als wenn das Ganze in verhältnißmäßig weiterer Ferne liege. Ist hingegen der Himmel bedeckt, die Luft mit Wasserdünsten geschwängert und werden die Gebirge nicht so günstig beleuchtet, so erkennt man die Schluchten und die nackten Felswände als dunkle und die Gletscher als helle Flächen. Die Alpen scheinen daher um Vieles näher zu liegen. Man schließt hieraus an vielen Orten, daß schlechtes Wetter binnen Kurzem eintrete.

3786 Diese Thatsachen müssen uns überzeugen, daß die Beurtheilung der Entfernung und selbst zum Theil die der Größe der Gegenstände von Schlüssen, die wir auf dem Wege der Erfahrung gewonnen haben, in hohem Grade abhängt [1]). Der Erwachsene täuscht sich häufig vermöge der optischen Nebenbedingungen. Er nimmt die Verhältnisse unrichtig wahr, wenn selbst sein Geist genau weiß, daß seine Anschauung fehlerhaft ist. Mangelt aber die Uebung, so treten die Irrungen noch schärfer hervor. Ein kleines Kind greift nach dem fernen Spiegelbilde einer Lichtflamme, als wenn es dieses mit seinen Händen erreichen könnte. Es vergehen immer Monate, bis es genauer unterscheiden lernt, was näher liegt und was sich in weiteren Abständen befindet. Blindgeborene, die ihr Augenlicht durch eine Operation erhalten haben, sehen Alles im Anfange flächenhafter ausgebreitet. Die Gegenstände kommen ihnen oft größer vor, als sie nach ihren früheren, durch die Tastwerkzeuge gebildeten Begriffen annahmen, weil die Netzhaut, wie wir später finden werden, einen gleichsam feineren Maaßstab, als die Haut, abgiebt. Die Beziehung der Gesichtswerkzeuge führt auch hier allmälig zu einem befriedigenderen Ergebnisse.

3787 Die Täuschungen, denen die Auffassung der Längenabstände ausgesetzt ist, können bisweilen ein unrichtiges Urtheil über die Gestalt der Körper veranlassen. Legen wir uns auf den Boden, dicht neben der Wand eines hohen senkrecht emporgehenden Hauses oder Thurmes, so kommt es uns vor, als neige sich das obere Ende von diesem über uns hinaus. Gesetzt, *ab*, Fig. 288., sei der Gegenstand und *c* der optische Mittelpunkt des Auges, so wollen wir annehmen, daß wir *cd* richtig auffassen.

Fig. 288.



ce erscheint uns dann verkürzt als *cf* und *ca* als *cg*. Da sich dieses Punkt für Punkt wiederholt, so glauben wir die krumme Fläche *dfg* statt der geraden *dea* wahrzunehmen. Es erklärt sich auf dieselbe Weise, weshalb wir den glatten Spiegel des vollkommen ruhigen Meeres nicht eben, sondern conver erblicken.

3788 Die perspectivische Auffassung kann ebenfalls mancherlei Täuschungen unter gewissen Nebenverhältnissen unterworfen sein. Wir wollen einige Beispiele, die noch nicht mit gehöriger Sicherheit erklärt worden, näher betrachten.

Erscheint uns eine Gebirgskette, wie die Reihe der Hochalpen, bei gewöhnlicher Auffassung flächenhafter und einförmiger, so zeigt sich das Ganze bei weitem perspectivischer, wenn man den im Ellenbogen gebeugten Arm vor die Stirn bringt, sich wagerecht hinlegt oder mit niedergesenktem Kopfe durch die aus einander gespreizten Beine hindurchsieht. Glühen die Alpen bei dem Sonnenuntergange in rothem Lichte, so gelingt der Versuch am auffallendsten.

---

[1]) Vergl. auch H. Meyer, in Roser's u. Wunderlich's medicinischer Vierteljahrsschrift. Bd. I. 1842. 8. S. 316 — 326.

Brewster [1]) glaubte die Erscheinung dadurch erklären zu können, daß mehr Blut unter jenen künstlichen Verhältnissen zur Netzhaut ströme. Diese werde daher empfindlicher, unterscheide eine größere Zahl von einzelnen Punkten und führe auf diese Weise zu einer besseren Auffassung der Perspective. Wäre dieses der Fall, so müßten die einzelnen Höhen der Gebirgskette größer und näher erscheinen. Wir bemerken aber eher das Umgekehrte. Da wir die Veränderung schon bei bloßer Beschattung des Auges durch den Ellenbogen wahrnehmen, so liegt auch kein Grund vor, einen angeblich bedeutenderen Blutandrang als die Ursache der richtigeren Wahrnehmung zu betrachten.

Listing [2]) leitete sie davon her, daß uns ein senkrechter Gegenstand größer, als ein wagerechter erscheint. Legen wir zwei gleich große Papierstreifen kreuzweise auf einen dunklen Hintergrund, so komme es uns vor, als sei der senkrechte der längere. Unser Bewußtsein kann aber schon in diesem Versuche jene Täuschung vorzüglich bei wiederholter Betrachtung beseitigen. Wir sehen sogar bisweilen den senkrechten Streifen kürzer (§. 3776.). Solche Wechselfälle kommen bei der Betrachtung der Gebirgskette nicht vor. Beschatten wir das Auge mit unserem Arm, so sehen wir die Alpenkette unter denselben Bildern, wie früher. Wir erblicken aber dessen ungeachtet das Ganze um Vieles perspectivischer. Es kann jene Thatsache den Verhältnissen nicht zum Grunde liegen.

Wir haben §. 3702. gefunden, daß sich die Wahrnehmbarkeit der einzelnen Punkte ferner Gegenstände vergrößert, so wie wir das störende Seitenlicht vom Auge abhalten. Diese Norm macht sich auch in unserem Versuche geltend. Wir unterscheiden daher die verschiedenen Vorsprünge und Abstände, die Lichter und die Schatten der einzelnen Bergmassen genauer. Dieses führt uns zunächst zu einer besseren Erkenntniß der Perspective. Da wir aber dann die einzelnen Flächen weiter hinausrücken und auf verschiedene Entfernungen vertheilen, so halten wir sie auch für kleiner und nicht für größer, als früher. Diese Erklärungsweise wird noch dadurch unterstützt, daß uns eine Landschaft perspectivischer wird, so wie wir sie durch eine feine Oeffnung betrachten.

Es ist einem Maler unmöglich, eine bergab laufende Straße so dar- 3789
zustellen, als wenn sich das Auge des Beschauers auf dem höchsten Punkte derselben befände und von hier aus hinabsähe. Das Ganze macht immer den Eindruck, als wenn die Straße in die Höhe stiege. Die Daguerreotypbilder führen zu derselben Täuschung, zum Beweise, daß hier kein Fehler der Zeichnung oder der Licht- und Schattenvertheilung die Schuld trägt.

Eine dritte, schon von Hooke und Jablot beobachtete Täuschung 3790
der perspectivischen Verhältnisse tritt nicht selten bei dem Gebrauche des Mikroskopes auf. Betrachtet man nämlich ein Geldstück unter dem Vergrößerungsglase, so kommt es uns bisweilen im ersten Augenblicke vor, als wenn die Erhabenheiten des Gepräges eben oder sogar vertieft seien. Der Irrthum verschwindet häufig binnen kurzer Zeit. Wir sehen die einzelnen Theile in ihren richtigen Verhältnissen. Wiederholen wir dann die Beobachtung, so kehrt die Täuschung nicht wieder. Sie fehlt auch nicht selten von vorn herein. Die bedeutendere Lichtstärke der erhabenen Flächen scheint hier vor Allem unser Urtheil zu bestechen [3]).

Wahrnehmung der Bewegung der Körper. — Dreierlei 3791
Grundbedingungen, die Ortsverrückung des Netzhautbildes, die nöthige Wendung des Augapfels oder beide Verhältnisse zugleich können uns schließen lassen, daß ein erblickter Gegenstand seine Stellung wechselt.

---

[1]) Brewster, in l'Institut. 1842. Nro. 382. p. 139. 140.
[2]) Listing, im Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S 126.
[3]) Vergl. auch Wheastone in Poggendorff's Annalen. Ergänzungsband zu Band LI. Leipzig, 1842. 8. S. 26 — 30.

Ruht der Augapfel, so wird das Netzhautbild eines bewegten Körpers immer andere Stellen der Nervenhaut berühren. Die verschiedenen Grade der Deutlichkeit und die Lagenbeziehungen, unter denen es sich darstellt, leiten hierbei vor Allem das Urtheil. Denken wir uns, der Körper befände sich im Anfange in der Verlängerung der Sehachse, so wird er um so unklarer erscheinen, je weiter er fortrückt. Er muß endlich zuletzt aus dem Gesichtsfelde gänzlich schwinden. Er deckt zugleich nach und nach immer andere Körper, die unter dem gleichen Gesichtswinkel, wie er, erblickt werden. Beide Beziehungen, oder auch nur die zuerst genannte Veränderung allein, sichern die Wahrnehmung der Bewegung.

Verfolgen wir dagegen die Ortsveränderung eines Gegenstandes, so gehen wir ihm gleichsam mit unserer Sehachse nach. Die bewußte nöthige Drehung des Augapfels belehrt hier unmittelbar über den Zustand der Unruhe, in dem sich der Körper befindet. Die genaue Betrachtung der Bewegung der Körper fußt vorzugsweise auf dieser Art von Wahrnehmung.

Die bloße Bewegung der Augenmuskeln führt noch nicht zu dem Urtheile, daß die Gegenstände, die wir wahrgenommen haben, ihren Ort verändern. Nehmen wir immer andere Punkte am deutlichsten wahr, so schließen wir im Gegentheil auf Ruhe. Bleibt dagegen derselbe Körper trotz der Veränderung der Augenstellung in der Verlängerung der Sehachse, so wissen wir, daß sich nicht bloß unser Augapfel, sondern auch der abgespiegelte Leuchtpunkt bewegt habe. Eine gleichartige Verrückung des Gegenstandes und des Augapfels kann daher auch die Auffassung stören.

Betrachtet man ein helles Licht, bis ein Nachbild für einige Zeit zurückbleibt, und wendet dann den Blick willkürlich nach der einen oder der anderen Seite, so folgt das Nachbild den Wendungen des Auges, während die übrigen Gegenstände des Gesichtskreises ihre Orte behaupten. Verschiebt man dagegen den Augapfel durch den Druck des Fingers, so behält das Nachbild nach Ruete [1]) seine frühere Stellung. Die übrigen gesehenen Gegenstände wechseln dagegen ihre Stellungen.

3792 Eine Reihe von Täuschungen kommt unter diesen Verhältnissen mit Leichtigkeit zu Stande. Haben wir eine Arabeske eines gemalten Zimmers in's Auge gefaßt und richten dann schnell unseren Blick auf eine zweite ähnliche Verzierung, so entgeht uns bisweilen im Augenblicke das Bewußtsein der Thätigkeit unserer Augenmuskeln. Wir glauben, daß die Arabeske selbst schnell fortrückt.

3793 Verhält sich unser Körper völlig ruhig, während die Bilder der Gegenstände auf unserer Netzhaut dahingleiten, so ist ein Irrthum noch leichter möglich. Fahren wir in einem Wagen oder auf einem Schiffe, so kommt es uns vor, als wenn die Körper, die wir auf dem Wege erblicken, in entgegengesetzter Bahn dahineilen. Die Täuschung findet sich am leichtesten ein, wenn die Fortbewegung einen gewissen Grad von Schnelligkeit erreicht. Erlangt sie eine sehr große Geschwindigkeit, so soll die scheinbare Richtung der Ortsveränderung des gesehenen Gegenstandes mit der wahren des Menschen übereinstimmen [2]).

[1]) Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S. 135. 136.
[2]) G. Th. Fechner, Repertorium der Experimentalphysik. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. Seite 227. 228.

Es ereignet sich bisweilen, daß wir umgekehrt die Bewegungen der 3794
erblickten Gegenstände auf unseren eigenen Körper übertragen. Betrachtet ein Mensch, der auf einer Brücke steht, den Lauf eines reißenden Stromes anhaltend, so scheint es ihm zuletzt, daß er selbst mit der Brücke fortschreitet. Eindrücke des Schwindels gesellen sich dann leicht zu dieser Gesichtstäuschung.

Gleitet ein ferner Körper an einem anderen dahin, so hängt es bis- 3795
weilen von uns oder von dem Grade unserer Aufmerksamkeit ab, welchem Gegenstande wir die Ortsveränderung zuschreiben. Treten Wolken vor den Mond, so kann es uns abwechselnd vorkommen, als wenn jener ruhte und diese sich bewegten oder umgekehrt.

Die fortgesetzte Betrachtung einer lebhaften Bewegung kann ein Nach- 3796
bild in dem Auge zurücklassen. Sehen wir einen größeren Wasserfall eine Zeit lang unverrückt an und richten wir unseren Blick auf eine nackte Felswand, so kommt es uns bisweilen vor, als wenn diese nach oben ginge [1]) oder als wenn ihre Fläche ein ausgedehntes Wallen oder Flimmern darböte.

Der Schwindel verbindet sich mit einer Reihe von Scheinbewegungen und mit anderen Trübungen des Sehens. Hat sich ein Mensch bei aufrechtem Kopfe um die Längenachse des Körpers zu wiederholten Malen gedreht und steht er dann still, so scheinen die Gegenstände in einer wagerechten Ebene, die auf der Längenachse des Kopfes und des Rumpfes senkrecht steht, im Kreise herumzugehen. Neigte er dagegen den Kopf bei den früheren Bewegungen nach einer Seite, so schneidet zwar die Ebene des scheinbaren Drehkreises die Längenachse des Kopfes ebenfalls senkrecht, die des Rumpfes dagegen schief. Sehr stürmische Drehbewegungen haben auch lebhafte Bewegungen der Augen zur Folge. Manche Menschen können daher den Schwindel beseitigen, wenn sie einen Gegenstand während des Drehens genau betrachten. Wie aber diese Folgen in einzelnen Personen leichter und in anderen schwieriger zu Stande kommen, wie Gewohnheit und Uebung das Auftreten der Störung beseitigen, so können auch Manche schon schwindelig werden, wenn auch ihre Augen keine ungewöhnlichen Ortsveränderungen vornehmen. Die ausführlichste Versuchsreihe über diesen Gegenstand lieferte J. E. Purkinje in den Medicinischen Jahrbüchern des österreichischen Staates. Bd. VI. S. 15.

Bewegt sich ein Mensch mit großer Geschwindigkeit fort, fährt er 3797
z. B. auf einer Eisenbahn, so kommen ihm die Bäume und andere Gegenstände des Weges zu klein vor. Dove [2]) bemerkte auch das Umgekehrte. Hatte er höhere Gebirgswände eine Zeit lang in's Auge gefaßt, so erschien ihm der Raum des Wagens wie ein großer Saal. Die Schnelligkeit, mit der Längenabstände des Weges durcheilt werden, führt leicht zu unrichtigen Urtheilen über die Größe der erblickten Körper.

Sollen wir die Bewegung eines Körpers wahrnehmen, so muß seine 3798
Geschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreiten. Unser freies Auge kann daher auch das Fortrücken der meisten Gestirne nicht verfolgen. Betrachtet man diese dagegen in einem Fernrohre unter hinreichend starker Ver-

[1]) Addams, in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. Novemb. pag. 373.
[2]) Dove, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Dritte Reihe. Bd. XI. Leipzig, 1847. 8. S. 118.

größerung, so ist man eher im Stande, die Bewegung einzelner Planeten zu bemerken, weil die scheinbare Geschwindigkeit vermehrt wird (Bd. I. §. 1092.).

3799 Porterfield[1]) glaubte, daß wir die Ortsveränderung eines Körpers nicht mehr unterscheiden, wenn sich der von ihm in einer Zeitsecunde durchlaufene Weg zu der Entfernung vom Auge, wie 1 zu 1400 verhält. Dieses giebt 0°2′27″ als Winkelgeschwindigkeit. Obgleich Poor[2]) von denselben Grundwerthen, wie Porterfield ausgeht, so soll doch nach ihm der Winkelwerth nur 15 Secunden betragen. Der Abstand des Leuchtpunktes müßte aber dann 13750 mal so weit, als die in der Secunde durchsetzte Bahn betragen. Schmidt führt an, daß man die Bewegung eines Sternes bei einer Verschiebung des Gesichtswinkels, die 50 Maaßsecunden in der Zeitsecunde beschreibt, wahrnimmt. Die Ortsveränderung des Minutenzeigers einer Taschenuhr komme aber erst bei einer Secundengeschwindigkeit von 0°2′15″ zum Vorschein. Muncke[3]) konnte noch das Fortrücken eines Zeigers, dessen Länge 9,1 Linien glich und der sich auf blendend weißem Grunde drehte, in einer Entfernung von 8 Zoll verfolgen. Dieses giebt eine Winkelbewegung von 34 Maaßsecunden.

Anhang Nr. 163.

3800 Ich bin noch nicht im Stande, die Bewegung eines vergoldeten Minutenzeigers, dessen Länge 14½ Mm. beträgt, mit freiem Auge bei gutem Tageslichte wahrzunehmen. Ich sehe sie aber, wenn ich eine Lupe, die 1½ mal vergrößert, gebrauche. Da mir dann das Bild ungefähr 12 Centimeter vom Auge entfernt erscheint, so erhalten wir 0°1′5″ als Secundengeschwindigkeit der Drehung. Beträgt die Länge des vergoldeten Zeigers einer anderen Uhr 18 Mm., so nehme ich das Fortrücken bei sehr scharfer Auffassung in hellem Lichte 4 Zoll oder 10,8 Mm. vom Auge entfernt eben noch wahr. Ich würde jedoch das Ganze bei irgend flüchtiger Betrachtung für ruhig halten. Der Grenzwerth des Winkels beträgt hiernach gerade eine Maaßminute. Gebrauche ich endlich eine Lupe, die ebenfalls 1½mal, aber für ungefähr 4 Zoll Sehweite vergrößert, so kann ich die Ortsbewegung des Zeigers deutlich auffassen. Die Winkelgeschwindigkeit gleicht dann nahebei 1½ Maaßminuten. Wir können daher annehmen, daß dieser Werth unter den oben erwähnten Verhältnissen 1 bis 1½ Bogenminuten für eine Zeitsecunde und für meine Augen beträgt. Der durchlaufene Raum verhält sich dann zu der Entfernung des Leuchtpunktes wie 1 : 2292 bis 1 : 3438.

Anhang Nr. 161. Gleich. Nr. 5. Anhang Nr. 166.

3801 Es versteht sich von selbst, daß alle Verhältnisse, welche die Wahrnehmung der kleinsten Netzhautbilder oder die Auffassung des spitzesten Gesichtswinkels bestimmen (§. 3692.), ihre Einflüsse für die uns hier beschäftigende Frage ebenfalls geltend machen. Die Lichtstärke, der Glanz und die Farbe des betrachteten Gegenstandes, die Beschaffenheit des Hin-

---

[1]) Alb. ab Haller, Elementa physiologiae. T. m. V. Lausannae 1763. 4. p. 526.
[2]) C. Poor, Theoria sensuum. Pestini, 1781. 8. pag. 180.
[3]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1457.

tergrundes, die Durchsichtigkeit der dazwischen befindlichen Luft und die Schärfe des Gesichts bestimmen hier zunächst den Erfolg. Zwei andere Umstände gesellen sich aber noch hinzu. Befindet sich ein ruhender, dem Auge auffallender Körper neben dem bewegten, so nehmen wir die kleinsten Ortsveränderungen von diesem leichter wahr. Geht der Zeiger unmittelbar an den Strichen des Zifferblattes dahin, so bemerken wir auch sein Fortrücken besser. Das zweite einflußreiche Nebenverhältniß bildet die bald zu erläuternde Dauer des Netzhauteindruckes. Die Ortsverrückung kommt um so eher zum Bewußtsein, je weniger jene störend einzugreifen im Stande ist. Die Irradiation kann ebenfalls noch den nöthigen Winkelwerth ändern.

Wir haben eben gesehen, daß wir sehr kleine Winkelbewegungen nicht 3802
auffassen. Dieses erklärt eine Thatsache, die zugleich mit der bald zu betrachtenden Dauer des Netzhauteindruckes innig verknüpft ist. Dreht man eine Scheibe, Fig. 289., die abwechselnd in eine Reihe schwarzer und weißer Sectoren getheilt ist, im Dunkeln mit großer Geschwindigkeit und beleuchtet sie für eine äußerst kurze Zeit z. B. durch einen elektrischen Funken, so scheint das Ganze still zu stehen. Man erkennt genau die einzelnen hellen und dunklen Kreisausschnitte [1]). Die Zeit ist hier zu kurz (Bd. I. §. 250.), als daß die Bewegung wahrgenommen werden könnte.

Fig. 289.

Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß wir jede 3803
Bewegung eines Körpers etwas später, als sie wahrhaft beginnt oder als ihre Wirkung zu unserem Auge gelangt, wahrnehmen. Lassen wir die Dauer des Netzhauteindruckes bei Seite, so muß eine gewisse Zeit vergehen, bis die kleinste Winkelbewegung, die wir aufzufassen im Stande sind, hergestellt worden. Diese wird sich aber um so früher, je mehr die Schnelligkeit der Ortsveränderung wächst, einfinden. Alle Nebenbedingungen, welche den Werth jenes kleinsten Winkels bestimmen, müssen sich auch hier geltend machen.

Dauer des Netzhauteindruckes. — Das Bild eines gesehenen 3804
Gegenstandes schwindet nicht in demselben Augenblicke, in welchem der Leuchtkörper entfernt wird. Es klingt vielmehr eine Zeit lang nach. Eine Reihe täglicher Erfahrungen erhärtet dieses Verhältniß.

Befestigt man eine glühende Kohle an einem Drahte und dreht sie 3805
dann im Kreise herum, so kann man die helle Masse auf ihrem Umlaufe Schritt für Schritt verfolgen, so lange die Geschwindigkeit der Ortsveränderung eine gewisse Grenze nicht überschreitet. Wird dagegen die Bewegung rascher, so erhalten wir den Eindruck eines ununterbrochenen feurigen Kreises, weil das Bild einer Bahnstelle noch nicht geschwunden ist, wenn sich schon die Kohle an einem anderen Punkte ihres Weges be-

---

[1]) Masson, in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XIV. Paris, 1845. 8. p. 137. und Dove, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXXI. Leipzig, 1847. 8. S. 100.

findet. Einzelne ergriffene Netzhautstellen liegen dann mehr oder minder von der mathematischen Verlängerung der Sehachse entfernt.

Dreht sich ein Glasstab, der von oben nach unten spiralig ausgefurcht ist, mit hinreichender Geschwindigkeit um seine Längenachse, so gewinnt das Ganze den Anschein eines auslaufenden Wasserstrahles (Bd. I. §. 217.). Man bringt daher nicht selten solche Zierrathen an Stockuhren an. Der Blitz, rasch niederfallende Sternschnuppen oder schnell aufsteigende Raketen erzeugen den Eindruck eines ununterbrochenen Lichtstreifens. Wir unterscheiden nicht mehr die einzelnen Speichen eines geschwind bewegten Rades. Dreht es sich etwas langsamer und betrachten wir es durch ein Gitterwerk, so kommt es uns vor, als seien die Speichen gebogen [1]) und nicht gerade. Das Räderorgan der Räderthiere macht aus gleichem Grunde den Eindruck eines ununterbrochenen hellen Kreisbandes. Ueber ähnliche Täuschungen, welche sich bei dem Drehen der Bügel der Abplattungsmodelle der Erde zeigen, s. Emsmann in Poggendorff's Annalen, Bd. LXIV. Leipzig, 1845. 8. S. 326 — 332.

3806 Wie die Annahme von Wellenbewegungen die Einflüsse der Lichtstärke erklären kann (§. 3356.), so ist sie auch im Stande, von der Dauer des Netzhauteindruckes Rechenschaft zu geben. Setzen wir voraus, daß die Bewegungen der Aethermolecüle Schwingungen der Nervengebilde erzeugen, so werden die Wellen auch ohne neue Erschütterungen so lange fortdauern, als ihre lebendige Kraft auf dem Wege der Mittheilung nicht aufgezehrt worden. Die Dauer des Netzhauteindruckes bildet auf diese Weise eine Folge der mechanischen Verhältnisse.

3807 Kennt man die Zeit, die ein Umlauf des Körpers nöthig hat, so findet man die gesuchte Dauer des Netzhauteindruckes, wenn man die Breite der leuchtenden Masse von der Größe der Drehungsbahn abzieht und den hierfür nöthigen Zeitwerth berechnet. Darf man den Durchmesser der geschwungenen Masse ohne wesentliche Irrung vernachlässigen, so führt die Ermittelung der Geschwindigkeit der Bewegung sogleich zum Ziele.

3808 Mehrere ältere Forscher benutzten den §. 3805. erwähnten Kohlenversuch, um die hier in Betracht kommenden Zeitwerthe zu bestimmen. D'Arcy kam dabei auf 8, Cavallo auf 6 und Segner im Allgemeinen auf 30 Tertien. Betrachtete Parrot eine glühende Kohle, die in einem dunkeln Zimmer mit 6,8 Fuß oder 2,2 Meter Schnelligkeit geschwungen wurde, so erhielt er 15 Tertien. Wiederholte er den Versuch in einem hellen Raume und mit einer Drehgeschwindigkeit von 10 Fuß oder 3,2 Meter, so fand er nur 10 Tertien. Man kann hiernach im Allgemeinen annehmen, daß die Dauer des Netzhauteindruckes einer geschwungenen glühenden Kohle den zehnten Theil bis die Hälfte einer Secunde in Anspruch nimmt.

3809 Plateau [2]) verfolgte den Gegenstand ausführlicher, als seine Vor-

---

[1]) Eine Abbildung der Krümmungslinien findet sich bei Fechner, a. a. O. Taf. IV. Fig. 37. Radicke, a. a. O. Taf. IV. Fig. 91.

[2]) Plateau, in Poggendorff's Annalen. Bd. XX. S. 304. Fechner's Repertorium der Physik. Band II. Leipzig, 1832. 8. S. 210.

gänger. Er bediente sich, wie D'Arcy, eines aus mehreren Rädern zusammengesetzten Getriebes, in dem die bedeutende Schnelligkeit der Drehung des letzten mit der vom Auge erblickten Zeichnungsscheibe versehenen Rades aus der weit geringeren Geschwindigkeit des ersten Rades berechnet werden konnte. War dann z. B. die Scheibe mit einem rothen, gelben oder blauen Quadranten bezeichnet, so glich natürlich die Dauer des Netzhauteindruckes $^3/_4$ einer Umlaufezeit, bei der eine gleichförmige Färbung der ganzen Scheibe wahrgenommen wurde. Eine Fläche schwarzen Sammets bildete hierbei den Hintergrund.

Stellen wir die Werthe, die Plateau für einzelne Farben aus je 3810
sechs Beobachtungen erhalten hat, zusammen, so finden wir:

Farbe des Quadranten.	Zeitdauer des Netzhauteindruckes.					
	in Secunden.			in Tertien.		
	Maximum.	Minimum	Mittel.	Maximum.	Minimum.	Mittel.
Weiß	0,38	0,33	0,353	22,8	19,8	21,2
Gelb (von Gummigutt)	0,36	0,34	0,355	21,6	20,4	21,3
Roth (von Carmin)	0,37	0,32	0,345	22,2	19,2	20,7
Blau (von Berl. Blau)	0,36	0,30	0,323	21,6	18,0	19,4

Diese Versuche bestätigen die schon theoretisch anzunehmende Folgerung, daß die Dauer des Netzhauteindruckes für Weiß oder Gelb länger, als für Blau anhält, wenn sich beide an einem schwarzen Hintergrunde bewegen. Halten wir uns an die Mittelwerthe, so haben wir als aufsteigende Reihenfolge: Blau, Roth, Weiß und Gelb.

Fig. 290.

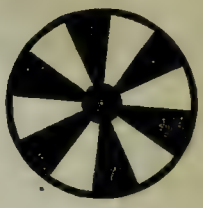
Theilt man die Scheibe in abwechselnde 3811
Felder, Fig. 290., von denen die einen schwarz und die anderen weiß, gelb, roth oder blau sind, so empfindet man den Eindruck eines gleichartigen gemischten Farbentones, so wie die Drehbewegung den nöthigen Grad von Geschwindigkeit erreicht. Plateau fand in diesem Falle aus je vier Einzelbeobachtungen:

Farben der Stücke der Scheibe.	Zeitdauer des Netzhauteindruckes.					
	in Secunden.			in Tertien.		
	Maximum.	Minimum.	Mittel.	Maximum.	Minimum.	Mittel.
Weiß und Schwarz	0,198	0,182	0,191	11,9	10,9	11,5
Gelb und Schwarz	0,202	0,192	0,199	12,1	11,5	11,9
Roth und Schwarz	0,248	0,224	0,232	14,9	13,4	13,9
Blau und Schwarz	0,323	0,264	0,295	19,4	15,8	17,7

Man sieht, daß diese Werthe die entgegengesetzte Reihe der §. 3810. angeführten Ergebnisse bilden. Plateau sucht die Thatsache daraus zu erklären, daß die schwächsten Eindrücke am langsamsten abnehmen und umgekehrt.

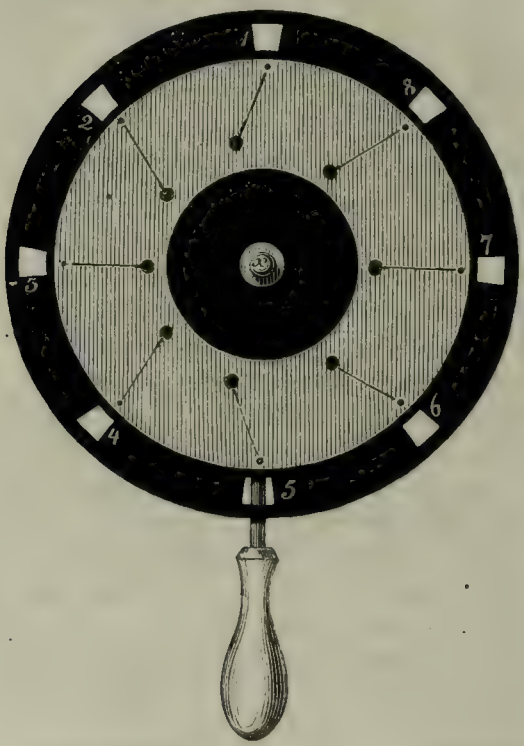
3812 Dreht man eine Scheibe, die mit abwechselnd weißen und schwarzen Sectoren, wie es Fig. 291. darstellt, versehen ist, mit mäßiger Schnelligkeit, so bemerkt man nach Fechner[1]) schwache Färbungen, die mit Verschiedenheit der Nebenverhältnisse wechseln. Masson[2]) sah vorzugsweise Blau auf den ursprünglich schwarzen und Roth auf den weißen Feldern. Eine mit gefärbten Abtheilungen versehene Scheibe zeigt umgekehrt Grauweiß.

Fig. 291.



Die von Plateau[3]) und Stampfer[4]) zuerst angegebenen Wunderscheiben, die stroboskopischen Scheiben, das Phantasmoskop oder das Phänakistokop beruhen auf den eben erläuterten Verhältnissen. Eine runde Tafel, deren Durchmesser 16 bis 30 Centimeter beträgt, kann sehr rasch um den Mittelheil x, Fig. 292., gedreht werden. Der Rand enthält eine Reihe gleich großer und in denselben Entfernungen stehender Durchsichtsöffnungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Eine kleinere mit den Zeichnungen versehene Scheibe befindet sich an der einen Seite der Haupttafel. Ein und derselbe Gegenstand ist auf ihr in verschiedenen entsprechenden Stellungen und Entfernungen eben so oft, als die Zahl der Durchsichtsöffnungen beträgt, oder ein Mal mehr, abgebildet. Fig. 292. zeigt uns z. B. den Fall, in dem auf diese Weise ein schwingendes Pendel dargestellt wird. Hält man das Ganze vor einem ebenen Spiegel und dreht es dann schnell herum, so sieht das Auge die verschiedenen Stellungen des Randes mit wechselnder Deutlichkeit. Ist die Drehung so rasch, daß die Zeit der Veränderung der Bilder die Dauer des Netzhauteindruckes nicht überschreitet, so verbinden wir die Anschauung zu einer Gesammtbewegung. Es kommt uns z. B. vor, als wenn das Pendel hin- und herschwingt und als ob alle Oeffnungen zusammen einen

Fig. 292.



[1]) Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 455.
[2]) Masson, a. a. O. pag. 155.
[3]) Plateau, in den Annales de Chimie et Physique. Vol. LIII. Paris, 1833. 8. pag. 304 — 308.
[4]) Stampfer, in Prechtl's Jahrbüchern des polytechnischen Instituts in Wien. Wien, 1834. 8. S. 237 — 258.

kreisförmigen Saum darstellten. Man kann auf diese Weise laufende, springende Menschen, Reiter und ähnliche Dinge zur Anschauung bringen. Manche Wunderscheiben sind auch so eingerichtet, daß man keinen Spiegel nöthig hat. Man erblickt unmittelbar die mit den Zeichnungen versehene Scheibe durch eine einzige geeignete Oeffnung. Diese Apparate dienen übrigens nicht bloß zu optischen Belustigungen. Man kann sie z. B. recht gut gebrauchen, um die Verhältnisse der Wellenbewegungen mittelst geeigneter Abbildungen klar zu machen. Savart [1]) zog einen ähnlichen Apparat zu Hilfe, um über die innere Beschaffenheit des Strahles der aus einem Behälter strömenden Flüssigkeiten Aufschluß zu erhalten.

Ueber das Horner'sche Daedaleum, das auf ähnlichen Grundsätzen fußt, siehe Poggendorff's Annalen. Bd. XXXII. Leipzig, 1834. 8. S. 650 — 655. Ueber die Anwendung der Wunderscheiben auf die verschwimmenden Bilder der Laterna magica s. Dingler's polytechnisches Journal. Bd. 93. 1844. 8. S. 24.

Ueber die Bemühungen von Wheastone, die Dauer des elektrischen Lichtes wenigstens ungefähr mittelst der hier betrachteten Erscheinungen zu bestimmen s. Dove, Repertorium der Physik. Bd. II. Berlin, 1838. 8. S. 16.

Masson [2]) gebrauchte noch die Erscheinungen der Dauer des Netzhauteindruckes als photometrisches Mittel. Denken wir uns, eine weiße Scheibe sei mit einem schwarzen Sector, der $\frac{1}{50}$ ihrer Oberfläche ausmacht, versehen, so wird dieser zunächst einen schwarzen und dann einen grauen Ring für den Gesichtseindruck des Beobachters nach Maaßgabe der Schnelligkeit der Umdrehung erzeugen Es tritt endlich ein Stadium ein, bei welchem der graue Ring nicht mehr von weißen Flächen unterschieden wird und beide die gleiche Helligkeit darbieten.

Dieser Enderfolg hängt von dem Verhältniß der Größe des Sectors zu der der gesammten Oberfläche der Scheibe ab. Masson nennt daher auch den Grenzwerth, der sich hierbei kund giebt, die Empfindlichkeit des Auges. Nehmen wir an, ein Mensch vermisse die Ungleichheit des grauen und weißen Ringes, wenn die Oberfläche des Sectors $\frac{1}{50}$ von der der Scheibe beträgt, so wird er zwei Beleuchtungen, die um $\frac{1}{50}$ von einander abweichen, nicht mehr unterscheiden. Es ergiebt sich hieraus, daß man um so kleinere Bruchtheile, je besser die Augen sind, erhalten muß.

Masson fand $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{70}$ für schwache, $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{100}$ für gewöhnliche und $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{120}$ für gute Gesichtswerkzeuge. Zwei Menschen hatten einen noch kleineren Werth, als $\frac{1}{120}$. Ist die Beleuchtung nur so stark, daß man Gedrucktes leicht lesen kann, so wechseln jene Werthe nicht mehr für ein und dasselbe Gesichtsorgan trotz der Verschiedenheit der Lichtstärke. Farbiges Licht verhält sich in dieser Hinsicht fast eben so, wie weißes. Ein elektrischer Funke, der nur einen Augenblick wirkt, führt zu keiner wesentlich anderen Empfindlichkeit des Auges, als eine länger anhaltende Beleuchtung. Haben zwei Personen die gleichen Bruchwerthe als das Maaß der Empfindlichkeit ihres Auges, so fordern sie auch für die nöthigen photometrischen Nebenbedingungen dieselben Zahlengrößen. Die Art und Weise, wie Masson diese Grundsätze auf die Maaßbestimmungen des elektrischen Lichtes und die Photometrie überhaupt anzuwenden suchte, findet sich in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XIV. Paris, 1845. 8. p. 137 — 195 dargestellt.

Da nicht bloß die optischen, sondern auch die nervösen Verhältnisse 3813
die Dauer der Netzhautbilder und die hieran sich knüpfenden Folgeerscheinungen bedingen, so üben die Anlage und der Aufmerksamkeitsgrad einen wesentlichen Einfluß auf die Wirkungen aus. Sehen wir nur flüchtig von einer Brücke auf einen reißenden Strom oder einen Wasserfall hinab, so verliert sich der Eindruck, so wie wir den Blick hinwegwenden. Dauerte dagegen die Betrachtung länger, wurden die Ortsveränderungen der Wassertheilchen mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgt oder war der

[1]) Siehe z. B. Lamé, a. a. O. Bd. II. pag. 262.
[2]) Masson, a. a. O. p. 137 fgg. Poggendorff's Annalen. Bd. LXIII. Leipzig, 1844. 8. S. 158.

Mensch, der das Ganze betrachtete, für Störungen seiner Gesichtswerkzeuge empfänglicher und zu Schwindel geneigter, so zeigen noch gleichförmige Gegenstände, die das Auge später erblickt, ein Nebelwellen oder eine Wellenerschütterung. Hat die Erscheinung keine bedeutende Stärke erlangt, so können lebhaftere Eindrücke die Nachbilder verdrängen. Ein gleichartiger Fußboden von Holz, Fels oder Sand bietet zwar noch die Täuschung dar. Sie schwindet dagegen, so wie sich der Blick auf die mannichfachen Gegenstände einer Landschaft richtet. Hielt aber die ursprüngliche Wirkung sehr lange an, traten selbst Schwindelbewegungen ein, so dauert die Nachwirkung länger. Sie kann sich sogar noch in der Folge erhöhen und zu den Trugbildern, welche den Schwindel begleiten (§. 3796.), überführen.

3814 Eine Anschauung, welche die Netzhaut oder das Gehirn lebhaft angeregt hat, kann mit großer Hartnäckigkeit in unserem subjectiven Gesichtsfelde zurückbleiben. Hatte Newton das in einem Spiegel aufgefangene Sonnenbild optischer Versuche wegen, die wir später kennen lernen werden, so lange als möglich betrachtet, so erhielt sich der Eindruck in seinem geblendeten Auge mit solcher Kraft, daß er drei Tage lang in einem dunklen Zimmer bleiben mußte, um seine Gesichtswerkzeuge zu stärken. Konnte er aber auch dann wiederum befriedigend sehen, so kehrte doch noch wochenlang das Sonnenbild, so wie er die Augen schloß, in dem subjectiven Gesichtsfelde wieder. Wer sich mit mikroskopischen Untersuchungen beschäftigt hat, wird bemerkt haben, daß Gegenstände, die man eine Zeit lang mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgte, Tage lang nach dem Schlusse der Augenlider wieder erscheinen. Purkinje[1]) und Henle nannten die Thätigkeit, welche diesen und ähnlichen Erscheinungen zum Grunde liegt, das Gedächtniß des Gesichtssinnes.

Die übrigen Verhältnisse der Nachbilder werden uns in der Folge bei Gelegenheit der subjectiven Farbenerscheinungen beschäftigen.

3815 Zeitdauer der Auffassung der Gesichtserscheinungen. — Soll ein Gegenstand genau wahrgenommen werden, so muß sein Bild eine Zeit lang auf unserer Netzhaut verharren. Es läßt sich erwarten, daß diese Bedingung in umgekehrtem Verhältnisse zu den günstigen Nebenbedingungen der Lichtstärke, der Größe des Netzhautbildes, der Schärfe des Gesichtes und der Schnelligkeit der geistigen Auffassung stehen wird. Wir können daher eine losgeschossene Kugel, die noch innerhalb unseres Gesichtsfeldes dahineilt, mit dem Blicke nicht verfolgen.

3816 Befestigte Schmidt[2]) einen in weiße und schwarze Felder getheilten Würfel an einer Haspel, ließ das Ganze schnell drehen und betrachtete es in einer Entfernung von 77 Centimeter, so schwanden die weißen Flächen bei einer Winkelgeschwindigkeit von 198°51′ und die schwarzen bei einer solchen von 265°8′ für die Zeitsecunde.

---

[1]) J. Ev. Purkinje, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Prag, 1819. 8. S. 166.

[2]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1459.

Das Lesen einer uns geläufigen Druckschrift kann uns deutlich über- 3817
zeugen, daß wir es hier durch Uebung zu einer Zeitgröße, welche die Dauer des Netzhauteindruckes nur wenig überschreitet, bringen können. Las ich nur eine Zeile der Schrift, mit der dieses Werk gedruckt ist, so erhielt ich in zehn Versuchen 4,21 Tertien als höchsten, 2,34 als niedrigsten und 3,33 als mittleren Zeitwerth, den die Auffassung eines einzelnen Buchstaben in Anspruch nahm. Wählte ich zur Probe eine ganze Seite, die keinen Absatz hatte und durchgehends mit größeren Lettern gedruckt war, so fand ich 1 Minute und 32 Secunden für 2629 Buchstaben und Interpunktionszeichen. Dieses giebt 2,05 Tertien für je einen dieser verschiedenen Gegenstände. Stelle ich dieselbe Beobachtung an einer fortlaufenden Seite Petitdruckes an, so brauchte ich 2 Minuten 12 Secunden für 3944 Buchstaben und Unterscheidungszeichen. Ein Bild forderte hier 2,01 Tertien. Man kann daher im Allgemeinen annehmen, daß ein einzelner Buchstabe 2 bis 4 Zeittertien bei dem raschen geläufigen Lesen in gewöhnlichem Tageslichte in Anspruch nahm.

Mehrere Verhältnisse verbinden sich übrigens hierbei, um die Zeit- 3818
werthe in so hohem Maaße zu verkleinern. Die Bilder einer größeren oder geringeren Zahl von Buchstaben fallen gleichzeitig auf die Stellen der Netzhaut, die noch des deutlichsten Sehens fähig sind. Die Schnelligkeit der geistigen Auffassung wird hierdurch wesentlich erleichtert. Erblicken wir aber ein bekanntes Wort, so errathen wir es schon, so wie wir eine gewisse Menge von Buchstaben desselben angesehen haben. Wir eilen dann um so rascher weiter.

Irradiation oder Ausstrahlung des Bildes. — Betrachten 3819
wir einen Gegenstand, der außerhalb der Grenzen der Sehweite liegt, so erscheinen seine Ränder nicht bloß unbestimmter, sondern auch breiter, als sie sich der Wahrheit gemäß darstellen sollten. Diese Täuschung erklärt sich aus den Zerstreuungskreisen, die sich auf der Netzhaut darstellen (§. 3542.). Sie beruht daher zunächst nur auf optischen Verhältnissen. Es liegt dagegen auch in manchen Fällen in der Thätigkeit der Netzhaut, daß wir die Ausdehnung der Bilder unrichtig auffassen. Purkinje und Plateau[1]) haben diese schon den älteren Astronomen bekannte Thatsache, welche man mit dem Namen der Ausstrahlung oder der Irradiation bezeichnet, auf ihre physiologische Bedeutung zurückzuführen gesucht.

Blicken wir eine Zeit lang nach einer Kerzenflamme, die sich in ei- 3820
nem dunklen Zimmer befindet, so scheinen sich Strahlenbüschel in den verschiedensten Richtungen von ihr aus zu verbreiten. Besitzen beide Augen eines Menschen ungleiche Grade von Kurz- oder Weitsichtigkeit, so wechseln nach Purkinje und Fechner die Formen dieser Nebenbilder und die sie bisweilen begleitenden Farbenerscheinungen, je nachdem man das eine oder das andere Auge zur Auffassung derselben benutzt. Das Sonnenbild, das sich an der Quecksilberkugel eines Thermometers oder

[1]) Siehe vorzüglich Plateau, in Poggendorff's Annalen der Physik. Ergänzungsband zu Bd. LI. Leipzig, 1842. 8. S. 79 — 128. 193 — 231. 405 — 442.

auf einem geschwärzten Uhrglase abspiegelt, führt zu ähnlichen Ergebnissen. Das Bild eines Sternes zeigt sich daher in der Form einer um so breiteren Fläche, je größer seine Lichtstärke ausfällt. Die spätere Betrachtung des Farbensehens wird uns zu diesem Gegenstande zurückführen.

3821 Plateau bemerkte mit Recht, daß wir nicht selten die Größe der Gegenstände unrichtig beurtheilen, weil die Ausstrahlung des Bildes unsere Auffassung besticht. Zeichnen wir zwei gleiche weiße viereckige Felder,

Fig. 293.

Fig. 293., auf einen schwarzen Grund und fügen einen weißen Streifen, der eben so groß als der Zwischenraum von jenen ist, hinzu, so können wir bei gehöriger Entfernung des Auges bemerken, daß uns der schwarze Trennungsstreifen schmaler, als der weiße erscheint, weil das Weiß eine größere Ausstrahlung seiner lebhafteren Wirkung wegen bedingt. Wir halten daher auch den beleuchteten Theil des Neumondes für größer, als die dunklere Fläche desselben.

3822 Nehmen wir wiederum an, daß die Wellenbewegungen des Aethers, die das Licht bedingen, die Gewebe der Netzhaut zu entsprechenden Schwingungen anregen, so läßt sich die Ausstrahlung begreiflich machen. Die Erschütterungen werden sich um so leichter seitlich ausbreiten, je größer die lebendige Kraft der ursprünglichen Anregung oder mit anderen Worten, je bedeutender die Lichtstärke ist (§. 3356.). Die Erfahrung bestätigt diesen Schluß.

3823 Theilen wir ein weißes Rechteck in zwei gleiche Hälften, so daß die Halbirungslinie durch *bh*, Fig. 294., geht, und zeichnen zwei schwarze

Fig. 294.

Felder *a* und *g*, welche diese Grenzlinie, wie es die Abbildung zeigt, überschreiten, so entgeht uns der Unterschied, so wie wir das Ganze aus einer gehörigen Entfernung betrachten. Die lebhaftere Ausstrahlung des Weiß erklärt die Erscheinung. Sie giebt aber ein Mittel an die Hand, wenigstens ein ungefähres Maaß für die Irradiation zu erhalten.

3824 Nehmen wir an, die schwarzen Felder *a* und *b* seien um einen Millimeter über die Mitte vorgeschoben und der geringste Abstand, in dem mein Auge den Unterschied vermißt, gleiche 2 Meter, so wird der Irradiationswinkel 1 Minute und 43 Secunden betragen. Prüfte Plateau[1]) die Gesichtswerkzeuge verschiedener Personen, so fand er 17″ und 1′22″ als Größe des Irradiationswinkels. Der Werth, um den die schwarzen Felder über die Mitte hinausgingen, verhielt sich daher zu dem Abstande vom Auge, wie 1 : 2500 bis 1 : 12100.

Anhang Nr. 160.

[1]) Plateau, a. a. O. S. 202.

Es versteht sich von selbst, daß die Lichtstärke und die Empfänglichkeit 3825
des Auges einen wesentlichen Einfluß auf die Verhältnisse der Irradiation ausüben. Diese wechselt nicht bloß von Person zu Person, sondern fällt auch in einem und demselben Menschen zu verschiedenen Zeiten ungleich aus. Plateau[1]) nimmt an, daß sie von der Entfernung des betrachteten Gegenstandes unabhängig bleibt und daß sie zwar mit der Helligkeit der erblickten Fläche, aber weniger rasch als diese, wächst. Erhöht sich die Lichtstärke des Hintergrundes, auf dem sich der erleuchtete Körper befindet, so wird die Ausstrahlung geschwächt. Liegen zwei gleich helle Gegenstände dicht an einander, so fällt sie an der Berührungsstelle ganz hinweg. Sie wird nur verringert, sobald jene Körper hinreichend nahe beisammen stehen. Die anhaltende Betrachtung vergrößert übrigens die Ausstrahlung bis zu einer gewissen Grenze, die sie nicht zu überschreiten scheint.

Plateau[2]) fand noch, daß sich die Irradiation für gesunde Augen durch Sammellinsen verkleinert und durch Zerstreuungslinsen vergrößert. Diese Beziehung kann sich jedoch in kurzsichtigen Augen verwischen. Ich finde z. B., daß mein Irradiationswinkel an Ausdehnung zunimmt, so wie ich eine Fig. 294. dargestellte Zeichnung ohne meine gewöhnliche doppelt concave Brille anschaue.

Es war den Astronomen längst bekannt, daß man die Größe von Gestirnen, die man durch ein Fernrohr betrachtet, unrichtig beurtheilt. Die Abweichungsfehler der Linsen des Instrumentes verbinden sich hier mit den Wirkungen der Irradiation des Auges.

Verschiedenheit der Farben. — Wir haben schon §. 3365. und 3826
3366. ein Verfahren, mittelst dessen man die Wellenlängen der einzelnen farbigen Strahlen zu bestimmen im Stande ist, dargestellt. Kennt man diese Werthe, so braucht man nur die für eine gewisse Zeiteinheit gültige Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes durch jene Größen zu theilen, um die Zahl der Schwingungen, die dem gleichen Zeitraume entsprechen, zu erhalten (§. 3043.).

Die Größen, welche die einzelnen Physiker berechnet haben, stimmen 3827
nicht vollkommen unter einander überein. Fresnel selbst lieferte später genauere Grundzahlen, als er im Anfange seiner Versuche gefunden hatte. Nr. 167. des Anhanges giebt uns z. B. zwei solche abweichende Tabellen. Anhang Nr. 167. Die Unterschiede halten sich aber in so engen Grenzen, daß hierdurch die Hauptfolgerungen nicht beeinträchtigt werden.

Die Wellenlänge des äußersten Violets beträgt 0,0004 oder $1/2500$ und 3828
die des äußersten Roths 0,0006 bis 0,0007 oder ungefähr $1/1667$ eines Millimeters. Jenes macht 697 und dieses 439 Billionen Schwingungen in der Secunde. Die Wellenlängen des Violets verhalten sich zu denen des Roths wie 1 : 1,589 oder wie 1 : 1,735. Die Zahl der Schwingungen giebt nahebei 1 : $5/8$. Da nun die Octave die doppelte oder die halbe Menge der Schwingungen des Grundtones darbietet (§. 3044.), so folgt hieraus, daß unsere Farbenauffassung so beschränkt ist, daß wir nicht einmal eine vollständige Octave der Aetherbewegungen erblicken.

[1]) Plateau, a. a. O. S. 201 fgg. und S. 440.
[2]) Plateau, a. a. O. S. 430 fgg. und S. 441.

Anhang Nr. 126. Halten wir den Vergleich mit den Tönen fest, so sehen wir ungefähr nur eine Sexte. Das äußerste Roth entspricht hierbei dem tiefsten und das äußerste Violet dem höchsten Tone.

3829 Man nimmt an, daß die objectiven Färbungen, welche die Körper besitzen, aus zweierlei Ursachen hervorgehen. Man nennt sie Scheinfarben, wenn ihnen Interferenzverhältnisse zum Grunde liegen. Ist dieses nicht der Fall, so bezeichnet man sie mit dem Namen der wahren, der natürlichen, der eigenthümlichen Färbungen, oder auch mit dem der Zurückwerfungsfarben. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Unterscheidung ihren Werth um so mehr verlieren wird, je weiter die Wissenschaft in der Kenntniß der Molecularverhältnisse und der optischen Wirkungen der kleinsten Zwischenräume der Körper fortgeschritten sein wird.

3830 Es kann vorkommen, daß eine leuchtende Masse nicht, wie die Sonne, weißes, sondern gefärbtes Licht aussendet. Die Flammen der gewöhnlichen Kerzen enthalten auf diese Weise viel Gelb und Blau. Versieht man eine Weingeistlampe mit einem Baumwollendochte, der mit Kochsalz abgerieben worden, so giebt er ein fast reines gelbes Licht. Es müssen daher unter diesen Verhältnissen bestimmte, den Farben entsprechende Schwingungsmengen der Aethermolecüle am leichtesten zu Stande kommen.

3831 Da uns alle undurchsichtigen Körper im Dunkeln schwarz erscheinen, so kann man hieraus schließen, daß ihre Färbungen von dem von ihnen zurückgeworfenen Lichte herrühren. Ein Stoff, der gar keine Lichtstrahlen aufnähme, würde in weißem Lichte vollkommen weiß und ein anderer, der alle verschluckte, rein schwarz erscheinen. Keiner dieser beiden Fälle kommt in der Wirklichkeit vor. Das Weiße des Fließpapiers reflectirt nach Lambert nur $1/12$ des auffallenden Lichtes [1]). Wirft eine Masse eine Art von Strahlen vorzugsweise zurück oder regt sie eine gewisse Zahl rückläufiger Schwingungen vor Allem an, so erscheint sie uns in einer bestimmten Farbe. Wir bemerken auf diese Weise, daß die Körper roth, gelb, grün oder blau sind, wenn sie von weißem Lichte erhellt werden. Werden sie dagegen von einfarbigem Lichte erleuchtet, so hängt die Lichtstärke und die Färbung von dem Verhältnisse von jenem zu der ursprünglichen Farbe des Körpers ab. Wir erhalten eine Verstärkung des Lichtes, so wie die Beziehungen übereinstimmen und das Entgegengesetzte, wenn dieses nicht der Fall ist. Ein rother Streifen hat seine lebhafteste Farbe in dem rothen Theile des Spectrums. Er erscheint dagegen fast schwarz in dem violetten Antheile desselben. Da die Beleuchtungsfarben mit Verschiedenheit der Lichtquellen wechseln (§. 3661.), so folgt, daß auch die Färbungen mit der Mannichfaltigkeit dieser Verhältnisse abweichen.

3832 Die meisten durchsichtigen Körper werfen dieselbe Lichtart, welche sie durchlassen, zurück. Manche dagegen führen in dieser Beziehung zu auffallenden Unterschieden. Das weiße Knochenglas läßt nur die tief rothen Strahlen weiter gehen. Es weist dagegen die meisten übrigen von sich [2]).

---

[1]) Kunzeck, a. a. O. S. 208. [2]) Kunzeck, ebendaselbst. S. 212. 213.

Viele Körper zeigen in dünnen Schichten andere Farben, als in dickeren. Diese Verhältnisse wechseln auch z. B. in einzelnen Flüssigkeiten, je nachdem man sie mittelst des von ihnen zurückgeworfenen oder des durch sie hindurchgegangenen Lichtes betrachtet[1]). Der sogenannte Dichroismus[2]) oder die Eigenschaft, verschiedene Färbungen nach Verschiedenheit der Achse darzubieten, findet sich in vielen doppeltbrechenden Krystallen.

Die gewöhnliche Erklärung der natürlichen Farben der Massen beruht 3833
darauf, daß gewisse Strahlen verschluckt und andere zurückgeworfen werden. Manche Forscher, wie Wrede[3]), haben sich mit Recht bemüht, das, was wir Absorption des Lichtes nennen, mit klareren optischen Begriffen in Beziehung zu bringen und die Erscheinungen aus Interferenzverhältnissen herzuleiten. Das Licht wird hiernach in dem Innern des absorbirenden Mittels theilweise zurückgeworfen. Diese Strahlen interferiren aber mit den gebrochenen, so daß die Wirkung gewisser Farben gänzlich oder wenigstens für unsere Wahrnehmung aufgehoben wird. Die dunkeln Linien des Spectrums (§. 3660.) gehen wahrscheinlich aus ähnlichen Verhältnissen hervor. Diese Erklärung reicht jedoch nicht für alle Verhältnisse, welche die objectiven Farben darbieten, aus[4]).

Wie auf diese Weise die Interferenzerscheinungen gewisse Färbungen vernichten, so erzeugen sie auch häufig andererseits bestimmte Schillerfarben einzelner Gegenstände. Sie treten natürlich da, wo dünne Spalten übrig gelassen werden oder feine Fäden und ähnliche Gewebtheile nahe bei einander liegen, am schärfsten hervor. Das Schillern der Seide; der Tapete im Auge der Säugethiere, der Sehnen und ähnlicher Theile erklärt sich aus diesen Nebenbedingungen.

Mischfarben und Ergänzungsfarben. — Newton[5]) hat 3834
Fig. 295.

eine bis jetzt noch nicht mathematisch beweisbare Regel, die sich jedoch in der Erfahrung bestätigt, für die Mischung der Farben des Sonnenspectrums aufgestellt. Man theilt einen Kreis, Fig. 295., in sieben ungleiche Theile, die den sieben Hauptfarben des Spectrums entsprechen. Roth, Grün und Violett erhalten jedes 60°45'34", Orange und Dunkelblau 34°10'38" und Gelb u. Hellblau 54°41'1". Bestimmt man die Schwerpunkte dieser Stücke, denkt

[1]) Kunzeck, a. a. O. S. 213 — 216. Lamé, a. a. O. p. 199 — 203
[2]) Vergl. Herschel, a. a. O. § 600. Radicke, a. a. O. Bd. I. S. 220.
[3]) Siehe z. B. Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 193.
[4]) Dove, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXXI. Leipzig, 1847. 8. Seite 98
[5]) I. Newton, Optice. Ed. Clarke. Londini 1706. 4. pag. 127 — 130.

sich in denen, die zur Mischfarbe dienen sollen, Massen, welche den Intensitäten der Farben proportional sind, ermittelt den Schwerpunkt von diesen und verbindet ihn mit dem Mittelpunkte des Kreises, so zeigt dann diese Verbindungslinie auf den Ort, dem die Mischfarbe entspricht.

3835 Fällt der bestimmende Schwerpunkt mit dem Mittelpunkte zusammen, so ist natürlich gar keine Richtung der Bestimmungslinie gegeben. Die zusammen gehörenden zwei Farben, deren gegenseitige unter geeigneten Intensitätsverhältnissen stattfindende Verbindung Weiß liefert, heißen Ergänzungs- oder Complementarfarben. Es ergiebt sich hieraus, daß man diese zweite entsprechende Farbe findet, wenn man einen Durchmesser durch den Ort der ursprünglichen Färbung in dem Fig. 295. dargestellten Kreise zu legen sucht. Roth hat das Grünblau, Orange Blau, Gelb Dunkelblau bis Violett, Grün Violett, Hellblau Orange-Roth, Dunkelblau Gelb-Orange und Violett Gelbgrün zur Ergänzungsfarbe. Weiß und Schwarz giebt Grau.

3836 Auffassung der Farben. — Nehmen wir wiederum an, daß diese durch Schwingungen der Aethermolecüle bedingt werden, so können wir uns die Wahrnehmung der Farben und mehrere sich anschließende Erscheinungen erklären, wenn wir voraussetzen, daß die Wellen der Aethertheilchen entsprechende Wirkungen in dem Nervengebilde der Netzhaut erregen. Wir haben schon §. 3350. bemerkt, daß eine einmalige Bewegung eines Aethermolecüls keinen Lichteindruck bedingt. Wiederholen sich aber die Stöße, so vermögen wir uns zu denken, daß wir die verhältnißmäßige Zahl der regelmäßigen Schwingungen als Farben empfinden. Der Mangel derselben giebt Schwarz, der nicht mehr unterscheidbare Rhythmus Weiß.

3837 Es unterliegt keinem Zweifel, daß die tönenden Wellen in ähnlicher Weise aufgefaßt werden. Es ist hierbei nicht nöthig, daß z. B. das $\overline{\overline{c}}$ eine Secunde lang anhält und seine 2112 Schwingungen innerhalb dieser Zeit wiederholt (§. 3125.). Der Hörnerve braucht nur den diesem Werthe entsprechenden Rhythmus aufzufassen, damit sich der dafür empfängliche Mensch des bestimmten Tones bewußt werde. Tragen wir das Gleiche auf das Farbensehen über, so kann die sehr große Zahl der Schwingungen, welche auf die Secunde kommt (§. 3828.), keinen genügenden Einwand abgeben. Wir zählen hier eben so wenig die Menge, als bei den Tönen. Wir unterscheiden aber nichts desto weniger den Rhythmus in beiden Fällen durch eigenthümliche Empfindungen [1]).

Wir haben schon §. 3504. gesehen, daß die Ansicht, nach der die Unsichtbarkeit der äußersten wirklichen Grenzen des Farbenspectrums von dem Unvermögen derselben, entsprechende Schwingungen der Netzhautmolecüle anzuregen, herrührt, von Bruecke mit Erfolg bekämpft worden ist. Melloni [2]) glaubte noch die Farbe des gelben Fleckes nach einer ähnlichen Anschauungsweise erklären zu können Das Gelb besitzt hiernach

[1]) Ein ähnlicher Vergleich mit den Tonverhältnissen findet sich schon als Möglichkeit hingestellt in I. Newton, Optice. Ed. Clarke, Londini, 1706. 4. p. 297. 298.

[2]) Melloni, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LVI. Leipzig, 1842. 8. S. 574 — 587.

die größte Lichtstärke (§. 3668), weil seine Schwingungen mit denen des gelben Fleckes in dem größten Einklange stehen. Die nervöse Resonanz wird gleichsam auf diese Weise am vollständigsten. Die übrige Netzhaut hat einen schwach gelblichen Anstrich aus demselben Grunde. Es hängt hiermit wahrscheinlich zusammen, daß sich die Linse nicht selten in höherem Alter gelb färbt.

Diese Annahme muß natürlich voraussetzen, daß kleine Kinder und Thiere, denen der gelbe Fleck der Netzhaut mangelt, die gelbe Farbe in geringerer Lichtstärke wahrnehmen. Die Erfahrung kann über diese Folge mit Sicherheit nicht entscheiden. Hat sich aber die Linse alter Leute gelb gefärbt, so gewinnt hierdurch ihre Farbenauffassung gewiß nicht. Es fragt sich überhaupt, ob nicht eher die gelben Färbungen gewissen chemischen Einflüssen der anhaltenden Einwirkung der Lichtstrahlen zugeschrieben werden müssen.

Stellt man sich vor, daß die Netzhaut durch die Wellenbewegungen des Aethers in Schwingungen versetzt wird, so drängt sich der Vergleich mit festen Körpern, die durch Schallwellen in Erschütterung kommen, oder mit Resonanzwerkzeugen (§. 3047.) von selbst auf. Melloni geht in der That von der oben dargestellten Hypothese aus, daß die größte Resonanzfähigkeit der Netzhaut in dem Ort der größten Helligkeit des Farbenspectrums fällt und mithin dem Gelb entspricht. A. Seebeck [1]) verglich seine für das Mittönen einer Platte gültigen Formeln mit den Ergebnissen, die Frauenhofer für das einfache und das Gitterspectrum erhalten hat, und fand unter gewissen Voraussetzungen, daß die eigenen Schwingungsmengen der Netzhaut, welche die günstigsten Resonanzverhältnisse darbieten, in das Blaugrün oder Blau fallen. Die so wohlthätige Wirkung, die das Grün für das Auge hat, könnte möglicher Weise hiervon herrühren. Seebeck ist jedoch selbst der Ansicht, daß die Grundlage, auf der jene Herleitung fußt, wahrscheinlicher Weise zu einseitig ist.

Die genaue Unterscheidung der Farben hängt von der ursprünglichen Anlage und der Erziehung der Gesichtswerkzeuge ab. Wie der Eine ein besseres musikalisches Gehör, als der Andere besitzt, so wechselt auch der Farbensinn von Person zu Person. Wie die Art und Weise, in der eine feste Masse mitklingt, von der Molecularbeschaffenheit derselben abhängt (§. 3043.), so regt wahrscheinlich eine und dieselbe Farbenwelle an und für sich verschiedene Empfindungen in verschiedenen Menschen an. Die Abweichungen verrathen sich aber meistentheils nicht, weil sich ihre Folgen in die Sprache übertragen (§. 3241.). Nur bedeutendere Fehler geben sich schon von selbst, untergeordnete dagegen erst bei genaueren wissenschaftlichen Prüfungen zu erkennen. Diese Verhältnisse erklären es, weshalb oft Menschen, deren Augen die Farben mangelhaft auffassen, die Stumpfheit ihrer Gesichtswerkzeuge ihr ganzes Leben hindurch kaum bemerken. 3838

Es gehört zu den sehr seltenen Fällen, daß ein Mensch die einzelnen Farben des Spectrums nicht unterscheidet, sondern nur Weiß, Grau oder Schwarz bemerkt. Man findet dagegen häufiger, daß nur eine Farbenabtheilung für die Auffassung verloren geht. Das Gelb, das die größte Lichtstärke besitzt (§. 3668.), wird zunächst wahrgenommen. Roth, Blau und Violett dagegen können nur unbestimmt aufgefaßt werden. Man hat daher diesen Zustand mit dem nicht ganz passenden Namen der Akyanoblepsie bezeichnet. Göthe [2]) fand, daß solche Personen Weiß, Gelb, Rothgelb, Gelbroth, Grau und Schwarz in befriedigender Weise erkennen, Rosenroth dagegen, Dunkelorange, Grün, Blau, Violett und Rothbraun nicht unterscheiden.

Halten wir uns an die §. 3836. erläuterte Vorstellung des Farbensehens, so können zweierlei Verhältnisse zu ungenügenden Auffassungen führen. Der Mensch erkennt nur die Farben, denen die größte Lichtstärke zukommt, mit genügender Schärfe oder es

[1]) A. Seebeck, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXII. Leipzig, 1844. 8. Seite 571 — 575.

[2]) W. v. Göthe, Farbenlehre. Bd. I. Stuttgart u Tübingen, 1812. 8. S. 103—108.

entgehen ihm diejenigen Färbungen, welche die geringsten Schwingungszahlen besitzen. Wie die Menge der Schwingungen eine gewisse kleinste Grenze überschreiten muß, damit das Ohr einen Ton vernehme, so haben wir hier den Fall, daß das Auge für die tiefsten Farben, die der Gesunde noch erkennt, unempfänglich bleibt.

Ordnen wir die Farben des Spectrums ihrer Lichtstärke nach (§. 3668.), so haben wir hellstes Gelb (= 100), Grün (= 48), Hellblau (= 17), Orange (= 6,4), äußerstes Roth (= 3,2), Blau-Violett (= 3,1) und Mitte des Violetts (= 0,56) Man sieht hieraus, daß sich der Fehler der Akyanoblepsie vor Allem auf diese Einflüsse zu beziehen scheint.

Anhang Nr. 167. Macht das Violett 697,4 Billionen Schwingungen in der Secunde, so kommen dem Roth nur 456,7 bis 439 zu. Denken wir uns, die Netzhaut wäre nicht im Stande, die tiefsten Lichtwellen oder die, welchen die niedrigsten Schwingungszahlen zukommen, wahrzunehmen, so wird vor Allem das Roth aus dem Gesichtskreise hinwegfallen. Man nennt häufig diesen Fehler den Daltonismus, weil Dalton [1]) an ihm litt und die Folgen seiner mangelhaften Farbenauffassung ausführlicher beschrieben hat. Man muß jedoch hier zwei Abarten unterscheiden. Es kommt bei Nervenkranken vor, daß sie das Roth für Grau halten, die übrigen Farben des Spectrums dagegen, die größere Schwingungszahlen darbieten, befriedigend erkennen. Wir haben hier den Fall, den wir oben voraussetzten, in verhältnißmäßig größter Reinheit. Andere dagegen, wie Dalton, verwechselten die rothen Färbungen eben so gut, als die Violetten mit Blau. Die kleinsten und die größten Schwingungsmengen und gleichsam die tiefsten und die höchsten Farben führten hier zu unangemessenen Empfindungen. Die Lichtstärke übt zugleich einen merklichen Einfluß aus. Man darf übrigens in allen diesen Fällen nicht übersehen, daß solche Menschen unrichtige Ausdrücke für manche Farbenbezeichnungen wählen und daher auch den sorgfältigsten Beobachter irre führen können.

A. Seebeck [2]) hat eine ausgedehnte Reihe genauerer Versuche auf diesem Gebiete angestellt. Er ließ 12 Menschen 300 verschieden gefärbte Papierstreifen nach ihrer scheinbaren Aehnlichkeit ordnen und dann durch gefärbte Gläser betrachten. Diese Nebenhülfe erleichterte oft die Unterscheidung. Die Personen mußten noch die Farben des Spectrums bestimmen, deren Breite angeben und die Interferenzfarben des polarisirten Lichtes erläutern. Diese mannichfachen Bemühungen führten Seebeck zu der Ueberzeugung, daß die Mangelhaftigkeit des Farbensehens in zwei Hauptklassen zerfällt.

Die eine Reihe von Menschen verwechselt eher den Grad, als die Art der Färbung. Sie unterscheiden nicht helles Orange und reines Gelb; gesättigtes Orange, helles Gelblich- oder Bräunlichgrün von Gelbbraun; reines Hellgrün, Graubraun und Fleischfarben; Rosenroth, Grün (mehr bläulich, als gelblich) und Grau; Carmoisin, Dunkelgrün und Haarbraun; Bläulichgrün und unreines Violett; Lila und Blaugrau, endlich Himmelblau, Graublau und Blaulila. Gelb macht noch den lebhaftesten, Roth und Grün den unvollkommensten Eindruck.

Die zweite Klasse von Personen verwechselt Hellorange, Grünlichgelb, Bräunlichgelb und reines Gelb; lebhaftes Orange, Gelbbraun und Grasgrün; Ziegelroth, Rostbraun und Dunkelolivengrün; Zinnoberroth und Dunkelbraun; Dunkelcarminroth und Schwärzlichblaugrün; Fleischroth, Graubraun und Bläulichgrün; mattes Bläulichgrün und Grau (etwas bräunlich); unreines Rosa (etwas gelblich) und reines Grau; Rosenroth, Lila, Himmelblau und Grau (etwas in's Lila fallend), Carmoisinroth und Violett und endlich Dunkelviolett und Dunkelblau. Man sieht, daß die beiden Abstufungen den eben erwähnten Verhältnissen wenigstens so ziemlich entsprechen.

Das mangelhafte Farbensehen kommt nichts weniger als selten vor. Man kann bei genauerer Prüfung bemerken, daß ungefähr der 10te bis 20ste Mensch an diesem Fehler leidet. Mehrere Forscher haben gefunden, daß es sich bei Männern weit häufiger als bei Frauen zeigt.

Ausführlichere Zusammenstellungen und Beobachtungen über diesen Gegenstand finden sich noch in: J. Butter, in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. VI. Edinburgh, 1822. 8. p. 135 — 141. Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 252 — 255. V. Szo-

---

[1]) Fechner's Repertorium der Physik. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. S. 230—232.

[2]) A. Seebeck, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XLII. Leipzig, 1842. 8. S. 177—234.

kalski, Essai sur les sensations des couleurs dans l'état physiologique et pathologique de l'oeil. Paris, 1841. 8. p. 57 fgg. C. G. Th. Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S. 83 — 88. Wartmann, in dem Archive d'Anatomie générale et de Physiologie. Paris, 1846. p. 56 — 60.

Diese Erscheinungen erklären es, weshalb der Sinn für Harmonie der Farben, für die richtige Auffassung der Uebergänge und Gegensätze derselben manchen Malern und einzelnen Beurtheilern der Kunstwerke derselben abgeht, weshalb jene vorzugsweise warme oder kalte Töne ihren Bildern verleihen. Es giebt Schwachsichtige, die zwar noch die Gegenstände erkennen, denen aber lebhafte Farbenflächen wie Löcher vorkommen [1]).

Wir haben § 3688. gefunden, daß unrichtige Brechungsverhältnisse die chromatischen Erscheinungen des Auges in hohem Grade begünstigen. Hat ein Mensch seine Linse in Folge einer Staaroperation verloren, so werden sich unangemessene Färbungen leicht einfinden. Göthe [2]) giebt an, daß einzelne solcher Kranken einen röthlichen Schein wahrnehmen, Sichel und Szokalski [3]) dagegen, daß sie häufig die Gegenstände unmittelbar nach der Operation blau erblicken. Weiße Körper kommen nicht selten Gelbsüchtigen gelb und gefärbte so vor, als wenn sie eine Beimischung jener Farbe besäßen. Die Chromasie des Auges tritt häufig unter krankhaften Verhältnissen bei dem gewöhnlichen Sehen hervor (Chropsia oculi).

Es läßt sich dagegen mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die rothe Färbung, in der sich die Sonne oder der Mond manchen Luftschiffern nach Göthe darstellt, daß der blaue Sonnenschein, der hin und wieder auf den bermudischen Inseln beobachtet wird [4]) und das farbige Funkeln der Sterne [5]) nicht von subjectiven, sondern von objectiven Lichtverhältnissen herrühren.

Ueber die Farbenauffassung der Albino's s. G. T. L. Sachs, historiae naturalis duorum Leucaethiopum Particula secunda. Erlangae, 1812. 8. p. 74. fgg.

Die Octave, die der doppelten Zahl von Schwingungen entspricht, 3839
macht auf unser Ohr einen ähnlichen Eindruck, wie der Grundton. Es läßt sich demgemäß annehmen, daß wir wiederum Roth sehen würden, wenn sich das sichtbare Farbenspectrum bis auf das Doppelte des Roths oder bis zu 878 Billionen Schwingungen für die Secunde ausdehnen würde. Da aber das äußerste Violett nur 697,4 liefert, so folgt von selbst, daß die Erfahrung die Richtigkeit jenes Schlusses unmöglich zu erhärten vermag. Die Verwandtschaft, welche das Violett und das Roth darbieten, kann jedoch die Wahrscheinlichkeit desselben unterstützen. Anfang Nr. 167.

Wir haben §. 3044. bemerkt, daß nur gewisse Abstände, wie die 3840
Terz oder die Quinte, einen angenehmen Accordeindruck auf unser Ohr machen. Man darf mit Recht vermuthen, daß etwas Aehnliches bei der Annehmlichkeit der Farben wiederkehrt.

Die verschiedensten Nebenverhältnisse können es bedingen, daß unser 3841
Auge farbiges Licht als Weiß auffaßt. Eilen die Ergänzungsfarben zu rasch an der Netzhaut dahin, legen sie sich entsprechend auf einander oder wiederholt sich dasselbe für subjective Farbenbilder, so bemerken wir eine reinere oder unreinere weiße Färbung. Ein anderes Verfahren, zu demselben Ziele zu gelangen, wird uns bei dem Sehen mit zwei Augen beschäftigen.

---

[1]) Szokalski, a. a. O. p. 23.
[2]) Göthe, a. a. O. S. 132.
[3]) Szokalski, a. a. O. p. 132.
[4]) Poggendorff's Annalen. Bd. LV. Leipzig. 1842. 8. S. 531.
[5]) Ebendaselbst. S. 139.

Ueber diese Versuche s. Radicke a. a. O. Bd. I. S. 260. 261. und vorzüglich Dove, in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LXXI. Leipzig, 1847. 8. S. 97 und 110.

3842 Die Art, wie wir über die Färbungen, die Licht- und die Schattenverhältnisse der Körper urtheilen, hängt von der Beleuchtung und der Natur der Gegenstände, die sich neben den erblickten Flächen befinden, ab. Was uns bei schwächerem Lichte weiß zu sein scheint, kommt uns nicht selten bei stärkerem grau vor. Legt man eine weiße Oblate zuerst auf helles weißes Postpapier und dann auf graues Löschpapier, so stellt sie sich den meisten Menschen in dem ersteren und Einzelnen in dem letzteren Falle grauer und unreiner dar. Ein geeigneter Farbengegensatz hebt die Verschiedenheit der Grundfärbungen auffallender hervor. Passende Uebergänge wirken dagegen milder und daher auch auf gebildete Gesichtswerkzeuge angenehmer. Während Künstler diese ästhetischen Bedingungen wiederzugeben suchen, lieben vorzugsweise Kinder und Völker, die auf niederer Geistesstufe stehen, grelle Farbengegensätze in ihren Kleidungen oder ihren Zeichnungen.

Ueber die ästhetischen Wirkungen der Farben s. Göthe, a. a. O. §. 765 fgg.

3843 Nebenfarben. — Das gesundeste Auge bemerkt in vielen Fällen Färbungen, die nicht von den äußeren erblickten Körpern, sondern nur von den Zuständen der Netzhaut oder des Gehirns abhängen. Man hat diese Erscheinungen mit dem Namen der zufälligen, der accidentellen, der physiologischen oder pathologischen Farben, der Augen- oder des Ocularspectra bezeichnet. Wollen wir die wichtigsten Beziehungen derselben kennen lernen, so müssen wir die Ergänzungsfarben, die subjectiven Farbensäume, die farbigen Schatten, das Abklingen der Farben und die farbigen Blendungsbilder wenigstens ihren Hauptverhältnissen nach betrachten.

3844 Subjective Ergänzungsfarben. — Betrachtet man eine Zeit lang ein Fensterkreuz so scharf als möglich, schließt dann die Augen und bedeckt sie mit einem Tuche oder auch nur mit den Händen, um alles äußere Licht möglichst abzuhalten, so bemerkt man noch das Nachbild (§. 3804.) in seinen natürlichen Farbenbeziehungen. Entfernt man dagegen den künstlichen Schutz, den man dem Auge gewährt hat und läßt die geschlossenen Augenlider von hellem Tages- oder von Sonnenlicht bescheinen, so ändert sich die Gesichtsauffassung. Was früher hell war, wird dunkel und umgekehrt. Wendet man den Blick plötzlich hinweg und richtet ihn auf ein glänzend weißes Papier, so kann man jene von Franklin schon beobachtete Erscheinung noch deutlicher wahrnehmen.

3845 Blicken wir unverrückt auf eine rothe, auf weißem Grunde befindliche Oblate, bis deren Färbung undeutlicher wird, und schieben sie dann hinweg, so sehen wir einen blaugrünen Kreis von ungefähr der gleichen Oberfläche. Jedes andere Colorit liefert hierbei die ihr entsprechende Ergänzungsfarbe (§. 3834.). Wir haben daher Blau nach Orange, Dunkelblau bis Violett nach Gelb, Violett nach Grün, Orange-Roth nach Hellblau, Gelb-Orange nach Dunkelblau, und Gelbgrün nach Violett.

Die Färbungen können sich hierbei in ähnlicher Weise, wie die wahren Farben (§. 3834.) mischen. Legt man ein violettes und ein orange gefärbtes Feld auf einen schwarzen Grund, bezeichnet sich ihre Mitten mit schwarzen Punkten, blickt abwechselnd je eins eine Secunde lang an, setzt dieses einige Minuten fort und schließt dann rasch die Augenlider, so sieht man drei sich zum Theil deckende Felder. Das eine erscheint gelbgrün, das zweite blau und das mittlere grün oder in der Mischfarbe von beiden. Hat man ursprünglich eine orangefarbene Fläche angestarrt und blickt mit dem blauen Nachbilde auf einen gelben Grund, so macht sich die Empfindung des Grüns geltend. 3846

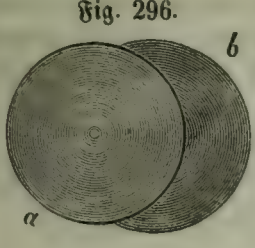
Es ließe sich hiernach erwarten, daß die Verbindung zweier Ergänzungsfarben Weiß gäbe. Plateau glaubte jedoch das Gegentheil gefunden zu haben. Wiederholt man den §. 3846. erwähnten Versuch mit zwei Feldern, von denen das eine z. B. roth und das andere grün angestrichen ist, so zeigt sich nach ihm die dritte mittlere Fläche nicht weiß, sondern schwarz. Fechner bestritt schon die Richtigkeit dieser Angabe und Tourtual[1]) hat sich diesem Widerspruch angeschlossen. Die Mischfarbe ist, wie ich ebenfalls finde, auf weißem wie auf schwarzem Grunde grau und nur die verhältnißmäßig geringe Helligkeit verleitet zu einer unrichtigen Beurtheilung der Färbung. 3847

Schwindet das farbige Nachbild, so erlischt es nicht immer in ununterbrochener Reihenfolge. Man bemerkt vielmehr bisweilen gewisse Schwankungen, die auf einen Wechselzustand der Netzhaut hindeuten. Betrachtet man z. B. eine rothe Fläche durch ein geschwärztes Rohr eine Zeit lang mit einem Auge, entfernt jenes und blickt hierauf nach einem weißen Hintergrunde, so ereignet es sich, daß sich zuerst ein grünes, dann ein rothes, hierauf wieder ein grünes und später ein schwachrothes Bild darstellt. Dieser Wechsel der Gegensätze kann sich sogar acht Mal nach Plateau und Quetelet wiederholen. 3848

Die Wahrnehmung der Ergänzungsfarbe des Blendungsbildes wird dadurch bedingt, daß einzelne zu sehr in Anspruch genommene Netzhautpunkte den Zustand ihres Gleichgewichtes verlieren und noch nach dem Aufhören des äußeren Lichteindruckes eine Zeit lang fortschwingen. Bewegen wir indeß das Auge, so werden die Strahlen desselben Gegenstandes, welcher diesen Erfolg veranlaßte, andere noch gesunde Netzhautstellen berühren. Wir können auf diese Weise die natürliche und die subjective Ergänzungsfarbe neben einander bemerken. Ein einfacher Versuch vermag uns diese Erscheinung anschaulich zu machen. 3849

Man legt eine rothe Oblate *a*, Fig. 296., auf ein hellweißes Papier und starrt sie so lange an, bis man ihre Farbe unvollkommener wahrnimmt und die Ermüdung der Netzhaut deutlich spürt. Verrückt man nun das Auge nach innen, so erblickt man den blaugrünen Ergänzungskreis *b* neben dem rothen *a*. Besitzt die Em- 3850

Fig. 296.



[1]) Tourtual, in Müller's Archiv. 1840. S. LXXIX. LXXX.

pfindung den nöthigen Grad von Lebhaftigkeit, so kommt wiederum eine unreine Mittelfärbung an der Deckungsstelle zum Vorschein. Sie fehlt dagegen in Menschen, deren Augen für solche Versuche weniger empfänglich sind.

3851 Manche eigenthümliche Erfahrungen, die man täglich machen kann, erklären sich aus den eben erläuterten Thatsachen. Haben wir eine Zeit lang durch gelbe Fensterscheiben eines Zimmers gesehen und blicken dann durch das geöffnete Fenster in's Freie, so finden wir nicht selten die weißen Wolken eben so gut blau, als den daneben liegenden Himmel[1]). Aehnliche Täuschungen stellen sich nicht selten nach dem Gebrauche gefärbter Brillengläser ein. Bedeckt man die Oeffnung eines dunklen Zimmers mit einem in der Mitte durchbohrten grünen Tuche, so sieht man nach Grotthuß den Himmel röthlich, das Grün der Bäume dagegen matter und weißer. Hat das Tuch eine rothe Farbe, so gewinnt umgekehrt das Grün an Lebhaftigkeit. Die rothen Ziegeldächer dagegen verlieren an Farbe und erhalten eine Beimischung von Weiß.

Beer bemerkte eine Reihe ähnlicher Erscheinungen an kranken Augen. Läßt man einen Staaroperirten, der schon die Farben zu erkennen im Stande ist, einen gelben auf weißem Grunde befindlichen Papierstreifen betrachten, so schwindet das Gelb nach und nach vor einem starken Violett, das sich von dem Rande aus über den ganzen Streifen verbreitet. Orange zeigt sich statt Blau und Hellroth (Hellviolett?) statt Grün. Vergl. auch Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. Seite 74 — 78.

3852 Das künstliche Doppeltsehen kann ebenfalls bisweilen die Wahrnehmung von Farben, die wenigstens unter manchen Verhältnissen hierher gehören, herbeiführen. Hält man einen weißen Papierstreifen 20 bis 32 Centimeter von den Augen entfernt, beleuchtet das eine von ihnen mit einer Kerzenflamme, während das andere beschattet ist und richtet seine Augäpfel nach einem weiter entfernten Gegenstande, so sieht man, wie wir später finden werden, zwei Bilder des Streifens. Das des beleuchteten Auges pflegt blaugrün, das des beschatteten dagegen röthlich bis orange zu erscheinen. Fechner[2]) giebt von sich selbst an, daß er das Gleiche wahrnimmt, wenn er das eine Auge mit dem Finger seitwärts drückt. Das diesem entsprechende Bild hat dann die röthliche Farbe. Ich kann dasselbe für meine Gesichtswerkzeuge bestätigen.

Ueber die Deutung dieses Versuches s. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Band IV. Abth I. Leipzig, 1827. 8. S. 125. Th. Smith in The London and Edinburgh philosophical Magazine. 1832. 8. Oct. p. 249. Brewster, in Poggendorff's Annalen. Bd. XXIX. 1833. 8. S. 339. und Joh. Müller's Archiv. 1834. S. 144—146.

3853 Die älteren Forscher erklärten die subjectiven Ergänzungsfarben daraus, daß die Netzhaut für die Farbe, die ihr eine Zeit lang anhaltend dargeboten worden, unempfänglich wird. Enthält sie dann weißes Licht,

---

[1]) Trechsel, in der Bibliothèque universelle de Genève. Genève, 1826. 8.
[2]) Brandes, in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. IV. Abth. I. Leipzig, 1827. 8. S. 122. 123.
[3]) Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 273.

so kann sie nur die Ergänzungsfarbe, die mit der Farbe, die sie nicht mehr auffaßt, weiß giebt, wahrnehmen. Plateau[1]) wandte gegen diese Ansicht ein, daß man auch die Ergänzungsfarben in einem völlig dunklen Raume, bei geschlossenen und geschützten Augenlidern, wahrnähme. Fechner[2]) gestattet diesem Gegengrunde keine bindende Kraft zu, weil immer noch Licht in einem noch so dunklen Orte vorhanden sei. Erheblicher ist dagegen, daß wir unter manchen Bedingungen die natürliche und die Ergänzungsfarbe gleichzeitig sehen.

Plateau bemühte sich, die uns hier beschäftigenden Erscheinungen 3854
von einem anderen Gesichtspunkte aufzufassen. Er stellt sich vor, daß die aus ihrem Gleichgewichte gestörte Netzhaut in ihren früheren Zustand durch eine Reihe entgegengesetzter Schwingungen zurückkehrt Sie bemerkt daher zuerst die Ergänzungsfarbe, hierauf wieder die ursprüngliche Färbung, dann von Neuem deren Ergänzung u. s. f., bis endlich der Zustand der Ruhe zu Stande kommt. Tourtual[3]) trat dieser Auffassungsweise in Folge eigener Untersuchungen bei. Wir werden jedoch später sehen, daß die Ordnung, in welcher die subjectiven Farben abklingen, und die gefärbten Blendungsbilder manche Bedenken gegen diese Vorstellung gestatten. Die Fälle, in denen die gesehenen Farben mit der Ergänzungsfarbe gleichzeitig auftritt, sprechen auch gegen diese Ansicht.

Die meisten und die gründlichsten Beobachtungen, die über diesen Gegenstand angestellt worden sind, rühren von Fechner und nächst ihm von Plateau und Tourtual her. Siehe Fechner in Poggendorff's Annalen Bd. XLIV. Leipzig, 1838. 8. S. 221 fgg. und S. 513 fgg. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8. S. 227 fgg. Bd. L. Leipzig, 1840. 8. S. 193 fgg. und S. 427 fgg. Vergl. auch Th. Smith in The Edinburgh Philosophical Journal Vol. III. Edinburgh, 1820. 8. p. 92 — 100. Plateau, in den Annales de Chimie et Physique. Vol. LIII. Paris, 1833. 8. p. 386. Chevreul, De la loi de contraste simultane des couleurs et de ses applications. Paris, 1839. 8. Szokalski, a. a. O. p. 57 fgg. Tourtual in Müller's Archiv. S. LXX. fgg. und S. LVIII. fgg. und 1842. S. XLV fgg. Versuche über die verhältnißmäßigen Beziehungen der Ergänzungsfarben und der Dauer des Netzhauteindruckes finden sich noch bei: Schaffgotsch, in Poggendorff's Annalen. Bd. LIV. S. 193. und Dove, Ebendaselbst. Bd. LXXI. S. 112.

Ergänzende Farbensäume. — Betrachtet man eine rothe Ob- 3855
late, die auf sehr weißem Postpapier liegt, bis das Auge ermüdet, so umgiebt sie sich mit einem bald sich vergrößernden blaugrünen Farbensaume, welcher der Ergänzungsfarbe vollkommen entspricht. Orange liefert Blau, Gelb Blauviolett, Grün Röthlichviolett, Dunkelblau ein unreines Gelb. Diese Erscheinungen, auf welche Buffon die Aufmerksamkeit der Naturforscher lenkte, kommen auf schwarzem Grunde schwieriger zum Vorschein. Sie fehlen sogar dann in einzelnen Menschen gänzlich. Wendet man den Blick auf einen anders gefärbten Grund, so zeigen sich manche Verschiedenheiten des dann verwickelteren Eindruckes[4]). Das Nach-

[1]) Plateau, in Poggendorff's Annalen. Bd. XXXII. Leipzig, 1834. 8. S. 543.
[2]) Fechner, Ebendaselbst. Bd. XLIV. Leipzig, 1838. 8. S. 514.
[3]) Tourtual, in Müller's Archiv.
[4]) Eine Reihe von Beispielen und Versuchen giebt Fechner in Poggendorff's Annalen. Bd. XXXIV. Leipzig, 1838. 8. S. 532 — 535.

bild wird heller oder dunkler, als die Unterlage, auf der man es betrachtet, je nachdem der Gegenstand verhältnißmäßig dunkler als seine Nachbarmasse war oder nicht. Seine eigene Ergänzungsfarbe oder die Farbe der ursprünglich angeschauten Fläche begrenzt aber dessen Umfang. Es kann auch vorkommen, daß sich der Saum der Ergänzungsfarbe mit einem neuen Kreise, welcher der ursprünglichen Färbung entspricht, umgiebt.

Die perspectivische Auffassung kann bisweilen durch solche unrichtige Ergänzungsbilder getrübt werden. Starre ich eine rothe Oblate, die auf weißem Postpapier liegt, anhaltend an, so bemerke ich zuerst einen schmalen blaugrünlichen Saum. Jede merkliche Verrückung des Blickes führt zur Wahrnehmung des §. 3850, Fig. 296., dargestellten Kreisstückes der Ergänzungsfarbe. Ist mein Auge von früheren Versuchen her angestrengt, so bemerke ich in Einzelfällen einen gelbgrünlichen Ergänzungssaum. Setze ich die Betrachtung fort, so erzeugt sich ein stärker leuchtendes, gelbliches unvollständiges Band zwischen dem blaugrünen Streifen und der Oblate. Die Oberfläche von dieser aber bietet eine Reihe glänzender heller, weißlicher Lichtflecke dar. Wende ich jetzt den Blick auf einen rein weißen oder grauen Hintergrund, so hat das sehr starke blaugrünliche Ergänzungsbild gegen früher an Umfang gewonnen. Setze ich die Beobachtung der Oblate noch länger fort, so sehe ich diese immer undeutlicher, weil sich die weißen glänzenden Wolken über ihre Fläche immer mehr ausdehnen, bis endlich das Bild gänzlich verschwindet.

So wie nun der Stand der Oblate an Helligkeit und Glanz gewinnt, scheint sie sich zugleich zu heben. Ich halte sie daher für höher, als sie wahrhaft ist. Befindet sie sich umgekehrt auf schwarzem Grunde, so entsteht ein heller Saum an ihrem Umkreise, während ihre übrige Fläche dunkler mit mehr Schwarz bedeckt wird. Sie kommt mir aber auch dann vertiefter, als sonst vor.

3856 Tourtual[1]) suchte auf dem Wege des Versuches nachzuweisen, daß diese Erscheinungen durch jede Undeutlichkeit des Netzhautbildes begünstigt werden, sei es, daß dieses zu weit von der Sehachse entfernt liegt oder daß sich der Gegenstand außerhalb der natürlichen Sehweite befindet. Die farbigen Schatten dagegen, auf die wir sogleich zurückkommen, verlieren nach ihm an Klarheit, so wie die Reinheit ihrer Bilder aus irgend einem Grunde gestört wird.

3857 Chevreul stützte eine Reihe von technischen Vorschriften auf diese Verhältnisse der Ergänzungsfarben. Man muß nach ihm vorzugsweise vermeiden, gleichartige Färbungen zusammenzustellen und z. B. nußbraune Stühle mit rothen Polstern zu versehen. Verbindet man dagegen Ergänzungsfarben mit einander, so erhöhen sie ihren Glanz wechselseitig, ohne daß ihre eigenthümliche Farbenwirkung beeinträchtigt wird. Weiße Blumen passen am besten zu rothen, die mit einem Hintergrunde grüner Blätter versehen sind, blaue zu orangefarbenen und violette zu gelben. Aehnliche Regeln gelten natürlich für Tapeten, Kleider und andere Gegenstände des täglichen Gebrauches.

3858 Man hat die ergänzenden Farbensäume auf doppelte Art zu erklären versucht. Die Einen nehmen an, daß die Erscheinung auf einer eigenthümlichen Irradiation (§. 3819.) beruht, daß aber die benachbarten mitergriffenen Netzhautpunkte in entgegengesetzte Schwingungen gerathen und

[1]) Tourtual, in dem medicinischen Correspondenzblatte rheinischer und westphälischer Aerzte. Bd. III. Bonn, 1844. 4. S. 123 — 130.

daher die Wahrnehmung der Ergänzungsfarbe bedingen. Andere betrachten das Ganze nur als eine Folge kleiner Ortsverrückungen des Augapfels (§. 3850.). Der mit der Ergänzungsfarbe versehene Saum zeige sich nur an der Seite, nach welcher der Blick gerichtet wird.

Farbige Schatten. — Stellt man einen Stab auf eine weiße 3859
Fläche und läßt ihn einseitig von zwei Kerzenflammen beleuchten, so erhält man zwei hellere oder dunklere, graue oder schwarze Schatten. Schiebt man hierauf ein rothes Glas vor die eine Flamme, so nimmt der von dieser beleuchtete Schatten rothe, der andere dagegen eine grünblaue Färbung an. Jede andere Lichtart bedingt in ähnlicher Weise, daß die zwei Schatten die beiden Ergänzungsfarben darbieten. Wir finden z. B. auf diese Weise Gelb-Orange und Dunkelblau, Orange und Blau, Grün und Rothviolett, Violett und Gelbgrünlich. Der Raum, der die Complementarfärbung des gefärbten Beleuchtungslichtes darbietet, muß weißes oder schwächer farbiges Licht empfangen.

Ein von Rumford schon angedeutetes Versuchsverfahren läßt über 3860
das Wesen dieser Thatsache keinen Zweifel übrig. Betrachtet man den von weißem Lichte erhellten Schatten, der sich in der Ergänzungsfarbe darstellt, durch eine Röhre, so erblickt man noch im ersten Augenblicke seine künstliche Farbe, wenn man selbst das gefärbte Beleuchtungsglas hinwegnehmen oder mit einem anderen vertauschen läßt. Hat man das Rohr in Gebrauch gezogen, ehe man farbiges Licht auf den anderen Schatten fallen ließ, so stellt sich die Ergänzungsfarbe gar nicht ein. Sollen diese Beobachtungen, die man leicht mit Erfolg versucht, gelingen, so erzeugt man am besten einen breiteren Schatten und richtet das Rohr auf einen Theil desselben, so daß ihn das Auge nicht einmal in seiner ganzen Ausdehnung überblickt. Sieht es dagegen noch den neben dem Schatten befindlichen farbigen Hintergrund, so bemerkt es auch die Ergänzungsfarbe trotz des Gebrauches der Röhre. Wir müssen hieraus schließen, daß die Färbung des einen Schattens aus objectiven optischen Gründen hervorgeht, während die des zweiten von den subjectiven Gegenwirkungen der Netzhaut abhängt.

Vergl. Zschokke, die farbigen Schatten, ihre Entstehung und ihr Gesetz. Aarau, 1826. 8. Tourtual, Ueber die Erscheinungen des Schattens und ihre physiologischen Bedingungen, nebst Bemerkungen über die wechselseitigen Verhältnisse der Farben. Berlin, 1830. 8. Pohlmann, in Poggendorff's Annalen. Bd. XXXVII. Leipzig, 1836. 8. S. 319 fgg. Fechner, a. a. O. Tourtual, in Müller's Archiv. 1840. Seite LXXVI.

Abklingen der Farben. — Hat man eine weiße Fläche, die sich 3861
auf einem schwarzen Hintergrunde befindet, bei sehr hellem Lichte eine Zeit lang angestarrt und schließt dann die Augen, so zeigt sich zunächst ein weißes Nachbild. Dieses wechselt aber nach und nach seine Farbe, bis es endlich gänzlich schwindet. Die Färbungen fallen mit Verschiedenheit der Personen und vielleicht auch mit der Mannichfaltigkeit der Zustände verschieden aus. Betrachtete Göthe[1]) den hellen Kreis, den die

[1]) Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 276. Vergl. auch Szokalski, a. a. O. p. 40. 41.

in ein dunkles Zimmer geleiteten Sonnenstrahlen erzeugten, anhaltend und schloß dann die Augen, so erschien ihm das Blendungsbild nach 13 Zeitsecunden purpurroth, nach 29″ blau und nach 48″ schwarz. Die späteren Bilder dauerten hiernach länger, als die früheren. Fechner sah in dem gleichen Falle Weiß, Blau, Grün, Roth und abermals Blau, Volkmann[1]) Grün, Orange, Roth, Blau und Schwarz. Ich erhielt in einzelnen Versuchen Orange, Grün, Blau und Schwarz, in anderen Roth und Blau.

3862 Farbige Blendungsbilder. — Ist das Auge durch die anhaltende Betrachtung eines sehr glänzenden Gegenstandes übermäßig angestrengt worden, so zeigen sich farbige Blendungsbilder, die oft sehr lange anhalten (§. 3814.). Newton bezeichnete diese Erscheinung mit dem Namen des Farben- oder des Lichtphantoms. Brewster[2]) suchte sie am ausführlichsten zu verfolgen. Er warf das Sonnenbild eines hellen Mittages bei schönem Frühlingswetter mittelst des Hohlspiegels eines Reflectors auf einen weißen Grund, schloß das rechte Auge mit einer Binde und betrachtete die leuchtende Scheibe mit dem linken durch eine geschwärzte Röhre. War die Netzhaut in hohem Grade geblendet, so richtete er seinen Blick auf einen weißen Hintergrund. Das glänzende Sonnenbild hatte dann verschiedenartige Farbensäume und zwar der Reihe nach Carmoisinroth mit Grün überdeckt, Orange mit Carmoisinroth vermischt, Gelblichbraun, Gelb, reines Roth und Orange. Wurden aber die Augenlider geschlossen, so zeigten sich Grün, Blau, Bläulichviolett, Himmelblau und Dunkelblau, mithin zum Theil die Ergänzungen der zuerst genannten Färbungen.

Newton bemerkte schon, daß das Lichtphantom selbst in dem Gesichtsfelde desjenigen Auges, das nicht unmittelbar geblendet worden, auftritt. Brewster giebt an, daß sich das Farbenbild in ihm zum Theil umkehrt. Schließt man ein Auge und starrt mit dem zweiten auf eine an einem schwarzen Grunde befestigte weiße Fläche, so kann man sich schon unter günstigen Verhältnissen überzeugen, wie auch das ruhende Gesichtswerkzeug an den Veränderungen Theil nimmt. Diese Erscheinungen deuten darauf hin, daß die Nervenfasern des einen Sehnerven die des anderen im Gehirn anregen und selbst vielleicht zu eigenthümlichen Wirkungen, wie sie bei den Ergänzungsfarben hervortreten, bestimmen können.

Haben wir unsere Augen durch den Anblick der Sonne geblendet, so verrücken wir sie, um die übrigen Gegenstände deutlich wahrzunehmen. Die sogenannten beweglichen Sonnenkugeln kommen auf diese Weise vermöge der Scheinbewegungen der Nachbilder zu Stande. Siehe das Nähere in: F. Fischer, Ueber die fliegenden Sonnenbilder. Basel, 1846. 4.

3863 Gleichzeitige Thätigkeit beider Augen. — Will ein Mensch, der mit gesunden Gesichtswerkzeugen ausgerüstet ist, einen Gegenstand

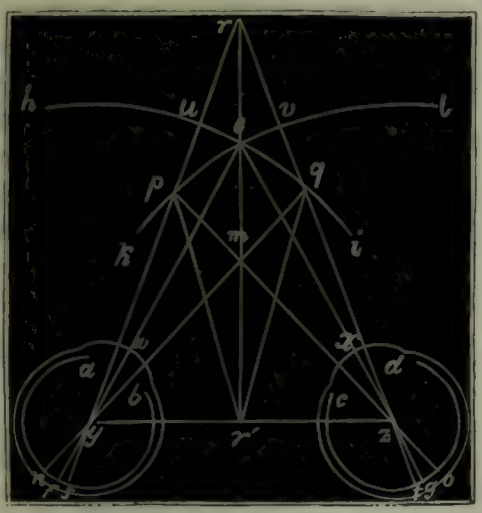
[1]) Volkmann, a. a. O. S. 313.

[2]) D. Brewster, Populäres vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Hartmann. Bd. II. Quedlinburg und Leipzig, 1835. 8 S 91.

genau auffassen, so stellt er die Augäpfel so ein, daß sich die Verlängerungen seiner Sehachsen oder, wie man sie auch nennt, die Leitstrahlen oder die Leitlinien in dem aufgefaßten Punkte wechselseitig schneiden. Diese können daher hier nie in wahrem Sinne des Wortes parallel stehen.

Nehmen wir an, y und z, Fig. 297., seien die beiden unverrück- 3864
baren Drehpunkte der Augen, yz deren Verbindungslinie und rr' die Mittellinie, die auf yz senkrecht steht (§. 3318.), so werden die Leitlinien ef und eg gleiche Winkel eyz und ezy mit der Verbindungslinie yz bilden, so lange sich der Leuchtpunkt e in der Mittellinie befindet. Ist dieses nicht der Fall, liegt er z. B. in p oder q, so stellen pyz und qyz ungleichschenklige Dreiecke dar. Die Art und Weise, wie die Augenmuskeln unter diesen verschiedenen Verhältnissen wirken müssen, ist schon §. 3318 ff. angegeben worden.

Fig. 297.



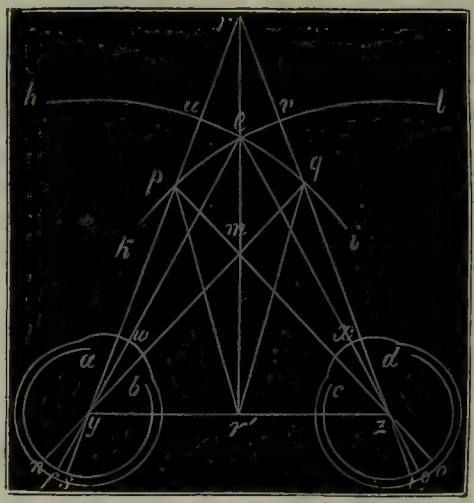
Da die gegenseitigen Neigungen der Leitlinien von den nöthigen 3865
Stellungen der Augen abhängen, so nennt man die hierdurch bedingten Winkel die Richtungs- oder die Convergenzwinkel. Der, unter welchem die Sehachsen zusammenstoßen, mithin yez, ypz oder yqz Fig. 297., heißt der äußere Richtungswinkel oder der parallaktische Winkel der Augenachsen, und der, den je eine Sehachse mit der Verbindungslinie der Drehpunkte bildet, eyz, ezy, pyz, pzy u. s. f. der innere Richtungswinkel. Der Unterschied des letzteren von 90° giebt die einseitige Abweichung vom Parallelismus.

Betrachten wir zuerst den einfachsten Fall, in dem sich der Leucht- 3866
punkt e in der Mittellinie rr', Fig. 297., befindet, so ergiebt sich zunächst, daß dann die beiden inneren Richtungswinkel eyz und ezy gleich ausfallen müssen, weil eyz ein gleichschenkliges Dreieck bildet. Jeder von ihnen wird um so größer und mithin die Abweichung von dem Parallelismus um so geringer, je kleiner sich der äußere Richtungswinkel yez gestaltet. Die Hälfte von diesem oder yer' gleicht überdies dem einseitigen Winkelunterschiede der wirklichen Stellung und des Parallelismus der Sehachsen. Anhang Nr. 168.

Der äußere Richtungswinkel wird um so kleiner und der innere um 3867
so größer, je weiter der Leuchtpunkt von dem Auge absteht. Will man aber die Werthe, die ihm für gewisse Entfernungen zukommen, berechnen, so muß man vor Allem den gegenseitigen Abstand der beiden Drehpunkte der Augen, an denen die Beobachtungen angestellt werden, zu bestimmen suchen.

3868 Nehmen wir an, wir hätten die mittlere Entfernung des Drehpunktes y oder z, Fig. 298., von dem vorderen Ende der Augenachse w oder x auf die §. 3316. angegebene Weise ermittelt, so lassen wir einen Leuchtpunkt e mit beiden Augen zugleich betrachten, messen den Abstand desselben von der Mitte der Hornhaut, ew oder von der durch die beiden Vorderenden der Sehachsen w und x gelegten wagerechten Linie und die gegenseitige Entfernung der zwei zuletzt genannten Punkte, nämlich wx. Diese Werthe reichen hin, die wechselseitige Entfernung der Drehpunkte oder yz kennen zu lernen. Ich fand z. B. auf diese Weise 6,6 Centimeter für meine Augen.

Fig. 298.



Anhang Nr. 168.

Rückt der Leuchtpunkt e, Fig. 297., sehr weit von dem Auge fort, so daß ew eine verhältnißmäßig bedeutende Größe erlangt, so kann die Lage des Drehpunktes oder yw ohne Fehler vernachlässigt werden. Man darf dann auch den gegenseitigen Abstand der Mitten der Hornhäute wx für den der beiden Drehpunkte yz in Rechnung bringen. Wird der äußere Sehwinkel sehr klein, so ist man auch im Stande, die schiefe Entfernung ew mit der in er' befindlichen senkrechten zu verwechseln. Man sieht hieraus, daß sich die Bestimmungen in diesem Falle bedeutend vereinfachen.

3869 Die Abweichung von dem Parallelismus vergrößert sich mit der Annäherung des Leuchtpunktes. Der äußere Richtungswinkel nimmt dann zu, jeder der beiden unter sich gleichen inneren dagegen ab. Je weniger der Gegenstand von den Augen enfernt liegt, um so beträchtlichere Unterschiede führt schon ein Wechsel von einigen Centimetern herbei. Sehr entfernt liegende Körper haben nicht bloß kleine äußere Sehwinkel, sondern eine Aenderung der Entfernung, die viele Meter beträgt, erzeugt hier noch keine beträchtliche Schwankungen.

Legen wir z. B. die für meine Augen gültigen Werthe zum Grunde, so geben 10,8 Centimeter Entfernung $17^0 3'$ und 20 Centimeter $9^0 23'$ für die Abweichung vom Parallelismus. 9,2 Centimeter Unterschied bedingen daher $7^0 40'$ des Stellungswechsels. 1 Meter dagegen hat $1^0 53' 30''$ und eine deutsche Meile oder 7407 Meter $0^0 0' 1''$. Wir erhalten mithin hier nur eine Verschiedenheit von $1^0 53' 29''$. Schlage ich meine mittlere Sehweite zu 24 Centimeter an, so findet sich $15^0 42'$ für den äußeren, $82^0 8'$ für jeden inneren Richtungswinkel und $7^0 51'$ für die Abweichung von dem Parallelismus.

Nro. 168. des Anhanges enthält eine Reihe von Beispielen, in denen alle diese Werthe für verschiedene Entfernungen berechnet sind.

3870 Der eben erläuterte Umstand hat nicht selten zu einer unrichtigen Auffassung verleitet. Liegt der Leuchtpunkt nahe, so müssen die Sehachsen

so sehr nach innen gewandt werden, daß der Unterschied von dem Parallelismus auf der Stelle in die Augen fällt. Blickt man dagegen in weite Ferne, so übersieht man leicht die geringen Neigungen der Leitlinien. Man hat sie desbalb häufig als parallel angesehen. Es ergiebt sich von selbst, daß dieser Fall nie zu Stande kommen kann, so wie nur beide Augen auf einen Punkt gerichtet werden.

Liegt der erblickte Körper seitlich von der Mittellinie, so können 3871
zweierlei Fälle eintreten. Er befindet sich in der Verlängerung der einen, auf der Verbindungslinie der Drehpunkte senkrecht stehenden Sehachse oder nicht. Ist jenes der Fall, so gleicht der innere Richtungswinkel der zweiten Sehachse dem Unterschiede des äußeren Richtungswinkels von 90°. Neigen sich beide Sehachsen unter schiefen und ungleichen Winkeln, so hängen die Richtungswinkel von der Entfernung und der Seitenlage des Leuchtpunktes ab. Anhang Nr. 168.

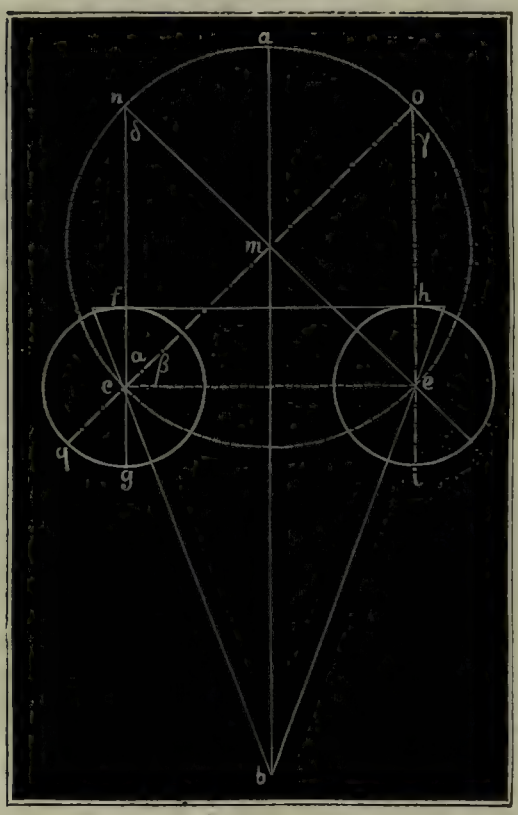
Nehmen wir z B. an, der Körper befinde sich in der Verlängerung der einen Sehachse, diese stehe senkrecht auf der Verbindungslinie der Drehpunkte, die Entfernung vom Auge betrage 24 Centimeter, der Abstand des Drehpunktes von der Mitte der Hornhaut gleiche 11,9 Millimeter und die gegenseitige Entfernung beider Drehpunkte 6,6 Centimeter, so erhalten wir 14°41′ für den äußeren und 75°19′ für den zweiten inneren Richtungswinkel. Liegt dagegen der Leuchtpunkt seitlich und beträgt sein Abstand von dem einen Auge 24 und von dem anderen 25 Centimeter, so finden wir, wenn wir die übrigen Werthe wie in dem ersten Beispiele beibehalten, daß der äußere Richtungswinkel 14°36′, der innere des Auges, dem der Gegenstand näher ist, 91°20′ und der des anderen Gesichtswerkzeuges 74°4′ gleicht.

Denken wir uns, beide Augen wären vollkommen gleich weitsichtig 3872
oder kurzsichtig und lassen wir das Anpassungsvermögen außer Acht, so würde nur ein Leuchtpunkt, der genau in der Mittellinie liegt, von beiden Sehwerkzeugen mit gleicher Deutlichkeit wahrgenommen werden können. Da aber die Sehweite eine gewisse Entfernung umfaßt und die Anpassung den Wechsel der Längenabstände noch mehr vergrößern kann, so sind auch die gesundesten Augen im Stande, seitlich gelegene Leuchtpunkte klar aufzufassen. Weichen dagegen die beiden Gesichtswerkzeuge in den Graden ihrer Kurz- oder Weitsichtigkeit unter einander ab, so wird ein Gegenstand, der in der Mittellinie liegen sollte, wie wir §. 3605. erläutert haben, verschoben, damit er deutlich erblickt werde.

Gemeinschaftliches Gesichtsfeld beider Augen. — Stellen 3873
wir uns vor, die beiden Sehachsen *fg* und *hi*, Fig. 299. (f. S.), ständen parallel, so erblickt das eine Auge den in seiner Sehweite befindlichen Punkt *n* und das andere den Punkt *o* mit größter Bestimmtheit. Da aber Bilder, die sich seitlich von dem hinteren Ende der inneren Sehachse abspiegeln, aufgefaßt werden und nur nach Maaßgabe ihrer Entfernung von der Mitte des gelben Fleckes schärfer oder undeutlicher erscheinen, so erzeugt sich auf diese Weise ein für beide Augen gemeinschaftliches Gesichtsfeld, wenn wir uns selbst die Sehachsen parallel

gerichtet denken. Gesetzt, die Grenze der Wahrnehmung reichte von q bis g, so umfaßt das eine Auge nao und das andere oan oder dasselbe Stück des sichtbaren Raumes. Die Ausdehnung desselben wird von der Winkelgröße der seitlichen Auffassung, der wechselseitigen Entfernung der optischen Mittelpunkte der beiden Augen und der Sehweite oder dem Abstande der Leuchtpunkte bestimmt werden.

Fig. 299

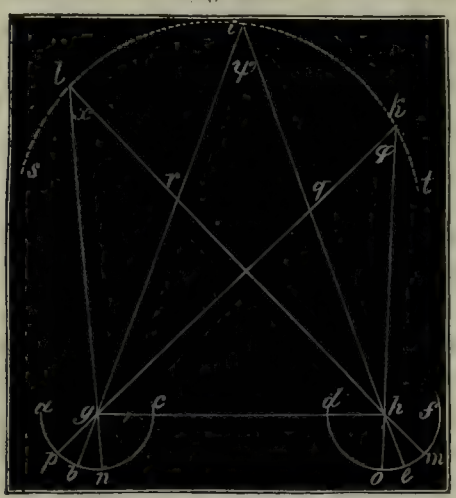


Die inneren Schenkel cm und em der beiden unter sich gleichen Winkel ncm und oem oder ihr Durchschnittspunkt m werden die Grenze jenes gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes bestimmen. Der Abstand des Durchschnittspunktes bildet aber eine Function des Winkels α und der gegenseitigen Verbindungslinie ce der beiden optischen Mittelpunkte. Stellen wir diese, was ohne beträchtlichen Fehler geschehen kann, dem Abstande der Mitten der beiden Hornhäute gleich und setzen ihren Werth = 1, so beträgt die Entfernung des Punktes m 28,7 Mal so viel, wenn $\alpha = 1°$ ist. Wir haben 9,5 für 3°, 5,7 für 5° und 0,87 für 30°.

Anhang Nr. 168.

3874 Betrachten wir den zweiten Fall, in dem sich die Leitlinien ib und ie, Fig. 300., in einem Punkte i schneiden, so treten die Gestaltverhältnisse des Auges als erste Schwierigkeit entgegen. Wir wissen, daß der Augapfel keine völlig kugelige Gestalt besitzt. Wir sind aber noch nicht im Stande, eine andere Form mit Sicherheit den Untersuchungen zum Grunde zu legen. Es wird sich später finden, daß dieser Punkt einen bedeutenden Einfluß auf die Bestimmung der Form des Gesichtskreises und der sich hieran knüpfenden Fragen ausübt. Sind wir aber vorläufig genöthigt, von der einfacheren Annahme, nämlich der der Kugelgestalt des Augapfels auszugehen, so fußen wir jedenfalls auf einer schwankenden Grundlage.

Fig. 300.



3875 Lassen wir auch diesen Uebelstand bei Seite, so hängt es, wie Ha-

senclever[1]) schon dargethan hat, von den Beziehungen der äußeren Richtungswinkel oder den Größenverhältnissen der Leitlinien ab, welche Krümmungen die Linie des Gesichtsfeldes oder der Durchschnitt der Fläche des letzteren mit der durch die Sehachsen gelegten Ebene annimmt. Drei Hauptfälle können in dieser Beziehung möglicher Weise vorkommen.

Nehmen wir an, die äußeren Richtungswinkel φ, ψ und x seien unter einander gleich, so bildet lik das Bogenstück eines Kreises. Wir haben schon §. 3323. gefunden, daß dann beide Augen gleiche Winkelbewegungen machen, wenn sie aus dem Parallelismus in eine gleichartige Convergenz oder aus dieser zur Betrachtung eines seitlich von der Mittellinie befindlichen Gegenstandes übergehen. Die Summen je zwei zusammengehörender Leitlinien verhalten sich dann wie die Summen der Sinus der entsprechenden inneren Richtungswinkel. Wir haben daher z. B. $ig + ih : kg + kh = sin.igh + sin.ihg : sin.kgh + sin.khg$. 3876 Anhang Nr 169.

Denken wir uns, die Summe der beiden Leitlinien gebe eine beständige Größe, es sei mithin z. B. $ig + ih = kg + kh = lg + lh$, so bildet lik den Abschnitt einer Ellipse, die ihre Brennpunkte in den Drehpunkten g und h hat. Die Sinus der äußeren Richtungswinkel verhalten sich dann wie die Summen der Sinus der entsprechenden inneren Richtungswinkel. Wir finden z. B. $sin.\ \varphi : sin.\ \psi = sin.\ kgh + sin.\ khg : sin.\ igh + sin.\ ihg$. 3877 Anhang Nr. 169.

Wechseln endlich die äußeren Richtungswinkel und die Summen der Leitlinien mit der Verschiedenheit des aufgefaßten Punktes, so bildet lik den Abschnitt einer krummen Linie höheren Grades. Die Summen je zwei entsprechender Leitlinien verhalten sich dann zu einander, wie die Summen der Sinus der zugehörigen Richtungswinkel getheilt durch den Sinus der Summen derselben. 3878 Anhang Nr. 169.

Die älteren Forscher nahmen mit Aguilonius an, daß der Gesichtskreis einer senkrechten Fläche, die der durch die Drehpunkte senkrecht gelegten Ebene parallel läuft, entspricht. Diese Ansicht ist, streng genommen, in keinem Falle richtig. Man kann sie höchstens für sehr große Entfernungen billigen, weil man dann die schwache Krümmung lik einer geraden Linie gleich zu setzen vermag. Andere Forscher, vorzüglich Vieth und Joh. Müller, denen die meisten Neueren folgen, betrachten die Linie des Gesichtsfeldes als einen Kreis. Wir werden später sehen, daß sie zu dieser Anschauung vermöge ihrer Theorie des Einfachsehens geführt wurden. Die nähere Prüfung dieser Vorstellung wird uns aber auch zu der Ueberzeugung führen, daß die ursprüngliche Voraussetzung und deren fernere Folgerungen gerechten Zweifeln unterworfen werden können.

Vergrößert sich der Abstand des Leuchtpunktes in dem Grade, daß die gegenseitige Entfernung der beiden Drehpunkte ihm gegenüber vernachlässigt werden kann, so muß die Krümmung, welche die Linie des Gesichtsfeldes darbietet, in einen Kreis mit großem Halbmesser und endlich in eine Ebene übergehen. Da aber die mittlere Sehweite 24 Centimeter beträgt und die Drehpunkte meiner Augen z. B. 6,6 Centimeter abstehen, so ergiebt sich, daß man die Frage gerade für die schärfste Auffassung mittelgroßer und kleiner Gegenstände auf die eben erwähnte Weise nicht vereinfachen kann.

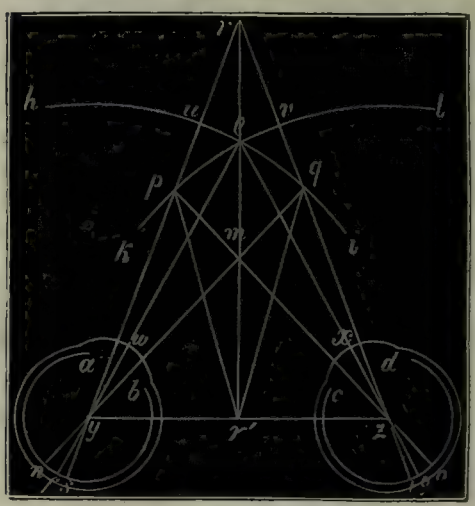
---

[1]) R. Hasenclever, Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Berlin, 1842. 8. S. 105 — 120.

3879 Erinnern wir uns, daß wir nicht bloß einen Punkt, sondern einen gewissen Abstand in der Verlängerung der Sehachse deutlich sehen, so folgt, daß unser Gesichtsfeld keine einfache Fläche bildet, sondern eine bestimmte Tiefe besitzt. Dieser Umstand erschwert es in hohem Grade, durch unmittelbare genaue Messungen der Leitlinien zu bestimmen, welche Gestalt die Linie des Gesichtsfeldes darbietet.

3880 Einfach- und Doppeltsehen mit zwei Augen. — Richten wir die Sehachsen *wf* und *xg*, Fig. 301., auf den einen Punkt *e*, so daß sich die Leitlinien *ef* und *eg* in ihm schneiden, so erblicken wir *e* einfach, wenn sich auch sein Bild auf beiden Netzhäuten abspiegelt. Dasselbe gilt von einem gewissen Raumbezirke, der sich in der Nähe von *e* befindet. Bleiben aber die Leitlinien auf *e* gerichtet, so erscheint ein Punkt *m*, der bedeutend näher, oder ein Punkt *r*, der ferner liegt, nicht bloß undeutlicher, sondern auch in Doppelbildern. Man kann übrigens bemerken, daß manche Menschen diese Vervielfältigung des Bildes leichter und deutlicher als andere wahrnehmen.

Fig. 301.



3881 Es läßt sich beweisen, daß sich die Ortsbeziehungen der Doppelbilder ändern müssen, je nachdem der zweite erblickte Punkt *m* oder *r* vor oder hinter dem Durchschnittspunkte *e* der Leitlinien liegt. Nehmen wir der Einfachheit wegen an, daß die Gesichtswerkzeuge Kugeln bilden und daß sie die Gegenstände in einer gewissen Sehweite *ex* und *ew*, Fig. 301., mit größter Schärfe erkennen, so wird das eine Auge alle Punkte, die in *kel* und das andere alle, die in *hei* liegen, am schärfsten erblicken. Man nannte daher auch die Linien *ey* und *ez* oder die Entfernungen jener Bogen von den Drehpunkten die Deutlichkeitshalbmesser. Beide Bogenstücke *hi* und *kl* schneiden sich in dem einfach gesehenen Punkte *e*. Spiegelt sich aber zugleich der nähere Punkt *m* ab, so daß sein Bild seitlich von der Sehachse auffällt, so suchen wir den Eindruck in die Deutlichkeitsbogen überzutragen oder wenigstens ihnen zu nähern. Die Art dieser Versetzung wird uns noch später beschäftigen. Das in Fig. 301. an der rechten Seite gezeichnete Auge verschiebt daher sein Bild in der Richtung *mp* und das linke in *mq*. Wir haben daher hier entgegengesetzte Beziehungen. Liegt aber der zweite aufgefaßte Punkt *r* jenseit des Durchschnittspunktes *e* der Leitlinien *ey* und *ez*, so muß der gleiche Vorgang zu dem Ergebnisse führen, daß das Doppelbild des rechten Auges in der Bahn *rv* und das des linken in *ru* versetzt wird. Drücken wir den Satz allgemeiner aus, so liefert ein Leuchtkörper, der diesseit des Kreuzungspunktes der Leitlinien liegt, gekreuzte, ein anderer dagegen, der sich jenseits befindet, entspre-

chende Doppelbilder. Steht der Leuchtpunkt außerhalb der Mittellinie rr', so wiederholt sich der Hauptsache nach die gleiche Erscheinung.

Will man sich von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, so be- 3882
festigt man auf einem Lineal zwei Nadeln senkrecht in einem geradlinigen Abstande von ungefähr 20 Centimeter und richtet das Ganze so ein, daß die nähere Nadel 10 bis 12 Centimeter von der Mittellinie des Gesichtes in der Höhe der beiden Augen entfernt liegt. Betrachtet man nun eine von ihnen mit beiden Augen zugleich, so erscheint die zweite doppelt. Man erhält aber hierbei entgegengesetzte Ergebnisse, je nachdem man den Blick auf die eine oder die andere richtet. Betrachtet man die entferntere, e, Fig. 301., so daß m das Doppelbild liefert, so schwindet die linke zweifach gesehene Nadel, wenn man sich das rechte Auge verdeckt und umgekehrt. Wendet man dagegen den Blick auf die nähere m, so daß e zweifach gesehen wird, so vernichtet die Bedeckung des rechten Auges das rechte und die des linken das linke Doppelbild. Befestigt man drei Nadeln in r, e und m und betrachtet die mittlere e, so schwindet das linke Bild von m und das rechte von r, so wie man das rechte Auge mit einem dunklen Tuche verdeckt.

Die Doppelbilder entfernen sich um so mehr von einander, je weiter 3883
die Punkte r und m, Fig. 301., von dem Kreuzungspunkte e der Leitlinien abstehen. Sie werden um so eher außerhalb der natürlichen Sehweite erblickt. Da aber dieser Umstand die Chromasie des Auges (§. 3689.) und die Auffassung von Ergänzungsfarben (§. 3876.) begünstigt, so erklärt es sich, weshalb nicht selten Farbensäume diese Erscheinungen begleiten.

Menschen, welche die Fähigkeit haben, mit einem Auge willkürlich zu schielen, können sich hierdurch Doppelbilder nach Belieben zur Anschauung bringen. Was hier unter dem Einflusse des Willens eingeleitet werden kann, bildet eine unangenehme dauernde Störung in manchen Krankheitsverhältnissen, in denen die Stellungsbeziehungen der Augäpfel anhaltend oder vorübergehend leiden. Die Schielenden sind solchen Störungen am ehesten ausgesetzt. Bedenken wir aber, daß das abgewichene Auge mit der Zeit stumpfsichtiger wird, daß es immer weniger deutlich in eine irgend beträchtliche Ferne sieht, so erklärt sich hieraus, weshalb das Doppeltsehen, wenn es im Anfange vorhanden war, in der Folge immer mehr zurücktritt oder gänzlich verschwindet. Da es bis zu einem gewissen Grade von dem Willen des Menschen abhängt, ob er ein undeutlicheres Doppelbild neben dem klareren auffaßt, so ereignet es sich, daß manche Kranken, wenn sie aufmerksam sind, doppelt, sonst dagegen einfach sehen. Haben ihre beiden Augen ungleiche Sehweiten, so erblickt der Schielende gleichzeitig einen Gegenstand mit dem einen und einen zweiten mit dem anderen Auge. Dieses hinzukommende Bild wird zwar häufig vernachlässigt; es drängt sich aber sogleich mit größerem Nachdrucke auf, wie so sich der Gegenstand, der in seinen Bereich fällt, durch Farbe, Glanz oder auf irgend eine andere Weise besonders auszeichnet. Vergl. hierüber L. Böhm, Das Schielen und der Sehnenschnitt in seinen Wirkungen auf Stellung und Sehkraft der Augen. Berlin, 1845. 8. S. 252 — 284.

Wir werden in der Nervenlehre finden, daß viele Täuschungen trotz 3884
des sichersten Gegenzeugnisses unseres Bewußtseins nicht verschwinden, sobald gewisse unveränderliche organische Bedingungen ihrem Auftreten zum Grunde liegen. Die Doppelbilder, die bei unpassender Einstellung der Sehachsen zum Vorschein kommen, können dieses deutlich erhärten. Der

umgekehrte Fall, daß wir zwei Oeffnungen, die wir noch den Augenblick vorher geschieden wahrgenommen, deren Anwesenheit nicht dem geringsten Zweifel von unserer Seite unterliegt, dessenungeachtet unter geeigneten Bedingungen einfach sehen, spricht noch entschiedener für den eben erläuterten Grundsatz.

3885 Verfertigt man sich zwei Pappröhren von ungefähr gleicher Länge und demselben Durchmesser, und bringt je eine von ihnen vor ein Auge, so daß sie sich in geringem Grade gegen einander neigen, so sieht man zwei Oeffnungen. Sie rücken einander um so näher, je mehr man die Röhren convergiren läßt. Es tritt endlich eine Stellung ein, bei der wir immer nur eine Oeffnung wahrnehmen. Diese entspricht dem äußeren Richtungswinkel, bei welchem sich die beiden Oeffnungen wechselseitig decken, so wie wir die Anschauungen in den unserem Deutlichkeitshalbmesser entsprechenden Theil des Gesichtsfeldes übertragen. Kurzsichtigere Personen haben daher auch minder lange Röhren, als weitsichtige nöthig.

3886 Versehen wir ein Papier mit zwei kleinen runden Oeffnungen, die der Quere nach 2 bis 4 Centimeter wechselseitig abstehen, lassen durch sie helles Tageslicht fallen und richten den Blick des rechten Auges auf den rechten und den des linken auf den linken hellen Kreis, so nehmen wir natürlich die beiden Löcher gesondert wahr. Verlieren wir sie aber nicht aus dem Blicke, während wir das Papier allmälig nähern und demgemäß jedes der beiden Augen nach innen rollen, so scheinen uns die Oeffnungen an einander zu rücken, bis sie sich endlich theilweise und zuletzt gänzlich decken. Man kann dann das Bild eines gegenüberliegenden Gegenstandes durch jenes eine Loch befriedigend auffassen [1]). Schließt man das rechte oder das linke Auge, so kehrt die natürliche Lage der beiden Oeffnungen wieder. Stehen die beiden Löcher senkrecht über einander, so bleiben in der Regel beide kenntlich. Sieht man nur eines, so überzeugt man sich bald, daß es keinem Mitteleindrucke angehört.

3887 Eine Thatsache, die wir an den beiden wagerecht gestellten Oeffnungen wahrnehmen, lehrt deutlich, daß jedes Auge an und für sich sein gesondertes Bild auffaßt und daß wir erst beide geistig zu einer Einheitsauffassung verbinden, so wie sich die Kreise in dem Deutlichkeitsbezirke der beiden Gesichtsfelder wechselseitig decken. Hat man nämlich die Entfernung gefunden, in der man die mittlere helle Oeffnung erblickt, so gelingt es bei einiger Aufmerksamkeit, die beiden seitlichen Löcher gleichzeitig wahrzunehmen. Man erblickt so drei Oeffnungen, und zwar die mittlere schärfer, als die beiden seitlichen, ohne daß man sich irgend einer Verrückung der Augenachsen bewußt wird.

3888 **Wettstreit der Gesichtsfelder.** — Unterscheiden sich die Sehweiten der beiden Augen eines Menschen in beträchtlichem Grade, so bemerkt er schon bei dem §. 3885. beschriebenen Versuche, wie sich der helle Kreis, der dem weitsichtigen Auge entspricht, bei gehöriger Convergenz

[1]) Vgl. J. Purkinje, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag, 1823. 8. S. 145 — 154.

der Röhren hinter die andere Mündung schiebt. Er kann dann nach Belieben die nähere oder die entferntere wahrnehmen. Augen, deren Sehweiten in geringerem Grade abweichen, können die gleichen Erfahrungen machen, so wie sich die beiden Kreisfelder durch verschiedene auffallendere Punkte oder durch Farbenunterschiede auszeichnen.

Führt man eine Nadel senkrecht durch die Mündung der einen und 3889
eine zweite quer durch die der anderen Röhre, so erblickt man ein Kreuz, so wie man den nöthigen Grad der Convergenz getroffen hat. Man kann aber auch nach Belieben die senkrechte oder quere Nadel deutlicher wahrnehmen. Stehen beide senkrecht und decken sie sich später nicht ganz vollkommen in dem einfachen Bilde, so erhält man auch hier das gleiche Ergebniß.

Versieht man die Ausgangsöffnung der einen Röhre mit einer gelben 3890
und die der anderen mit einer blauen Oblate und erzeugt wiederum die Anschauung eines einfachen Kreises, so fällt häufig die Färbung, welche dem weitsichtigen Auge entspricht, gänzlich hinweg. Man kann aber auch leicht die, welche ihm angehört, bei einiger absichtlichen Willensanstrengung allein erblicken oder beide zugleich und gewissermaßen an oder hinter einander erkennen. Es ereignet sich eben so, daß man bloße Bogentheile der gelben und rothen Oblate auffaßt. Ich bin aber auch dann im Stande, den Umfang des einen auf Kosten des anderen zu vergrößern. Wählt man andere Farben, so erhält man ähnliche Ergebnisse.

Vertausche ich die Oblaten mit gefärbten Gläsern, so wiederholt sich 3891
das Gleiche. Enthält z. B. das Rohr des rechten Auges ein gelbes und das des linken ein hellblaues Glas, so kann ich einen weißen Hintergrund abwechselnd gelb oder blau gefärbt wahrnehmen. Kleine Bewegungen des Augapfels begleiten häufig diese Veränderung. Eben so erblicke ich eine gleichförmige gelbe oder blaue Färbung oder einen gelben und einen blauen Abschnitt des Gesichtsfeldes, je nachdem meine Aufmerksamkeit auf einen nahen oder einen sehr entfernten Gegenstand gerichtet ist. Lege ich beide Gläser zusammen und sehe durch sie mit einem Auge, so stellt sich natürlich eine scharf ausgesprochene grüne Farbe ein. Ich kann dagegen nie jene Mischfarbe in den oben erwähnten Versuchen wahrnehmen. Herrscht in ihnen die gelbe Färbung vor, so ereignet es sich höchstens bei anhaltender Betrachtung, daß sich eine schwache grünliche Tinte in einzelnen Augenblicken beizumischen scheint. Bedenken wir aber, daß dann immer die Frage, ob man grün sieht oder nicht, dem Geiste gegenwärtig ist, so wird man kein Gewicht auf jenes unvollständige und vorübergehende Ergebniß legen können. Gebrauchte ich rothorange und hellblaue, gelbe und dunkelblaue, grüne und violettrothe Gläser, oder betrachtete ich die Ergänzungsfarben der gefärbten Schatten mit beiden Röhren, so erhielt ich im Wesentlichen die gleichen Erscheinungen.

Die einzelnen Forscher, welche sich mit diesem Gegenstande beschäf- 3892
tigten, haben ziemlich verschiedene Resultate erhalten. La Tour, Janin,

Reid, E. H. Weber[1]), Huschke[2]), Völkers[3]), Teuscher[4]) und Prevost nahmen an, daß eine Mischung der beiden Farben zu Stande kommen könne. Joh. Müller[5]), Heermann, Wheastone[6]), Volkmann[7]), Tourtual[8]) und Böhm[9]) leugneten dieses. Sie gaben nur einen Wechsel des Helligkeitsgrades oder höchstens eine schmutzige, etwas veränderte Färbung für Einzelfälle zu. Die Erfahrungen, auf denen man fußte, bestanden darin, daß man z. B. ein gelbes Glas vor das eine und ein blaues vor das andere Auge schob, mit dem einen eine gelbe und mit dem anderen eine blaue Fläche betrachtete und beide durch willkürliches Schielen in dem subjectiven Gesichtsfelde über einander zu legen suchte oder daß man zwei verschiedene Farben abwechselnd in ein und in beide Augen einleitete.

3893 Die meisten dieser Versuche führen zu keinen sicheren Schlußfolgerungen, weil die Farben auf das Gerathewohl ausgewählt wurden und man die Rücksicht auf die verhältnißmäßigen Helligkeitsgrade außer Acht ließ. Es ergiebt sich hieraus, daß auch die Dicke und Durchsichtigkeit der Brillengläser, die man gebraucht, in Anschlag gebracht werden muß. Teuscher[10]), der diese Klippe durch eine genaue Auswahl des Blau und Gelb zu vermeiden suchte, fand, daß sich im Anfange der Wettstreit der Gesichtsfelder geltend macht, daß aber später die wahre Mischfarbe deutlich auftritt. Wir werden in der Folge bei der Betrachtung des Stereoskopes (§. 3910.) Erfahrungen kennen lernen, in denen eine wahre Ausgleichung der Färbungen beobachtet wird.

Böhm[11]) ließ Schielende Brillengläser mit verschiedenen Farben gebrauchen, um sich über die näheren Verhältnisse ihres Sehens zu unterrichten. Hat z. B. das rechte Auge ein gelbes und das linke ein blaues Glas, und ist jenes das schwächere, so muß auch seine gelbe Farbe einen kleineren Theil des Gesichtsfeldes einnehmen, so wie beide Farben neben einander wahrgenommen werden. Schielt das eine Auge in einem Zeitpunkte weiter nach innen, so schiebt sich natürlich auch das gefärbte Feld, sobald es zum Bewußtsein gelangt, nach der Seite des anderen Auges hinüber.

3894 Ortsverhältnisse der Netzhautbilder beider Augen. — Denken wir uns, y und z, Fig. 302, bildeten die beiden optischen Mit-

---

[1]) E. H. Weber, De pulsu, resorptione, auditu et tactu. Lipsiae 1834. 4. p. 116 u. 117.

[2]) Huscke, in Schmidt's Jahrbüchern der gesammten Medicin. Bd. XII. Leipzig, 1836. 4. p. 118.

[3]) Völkers, in Müller's Archiv. 1838 S. 60 — 69.

[4]) R. Teuscher, Diss. de identitate retinarum oculi qualitativa. Jenae 1844. 8. pag. 23.

[5]) Joh Müller, Physiologie. Bd. II. Coblenz, 1838. 8. S. 387. 388.

[6]) Wheastone, in Poggendorff's Annalen. Ergänzungsband zu Bd. LI. Leipzig, 1842 8. S. 34. 35.

[7]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1838. S. 375—381.

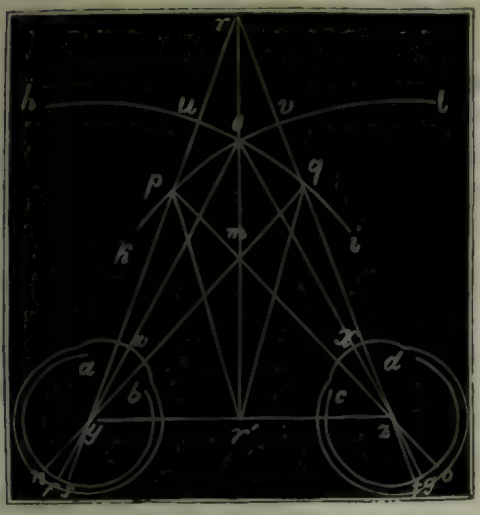
[8]) Tourtual, Ebendaselbst. 1840 S. LXII — LXX.

[9]) Böhm, a. a. O S. 232

[10]) Teuscher, a. a. O. p. 23.

[11]) Böhm, a. a. O. S. 237—241. u. S. 277.

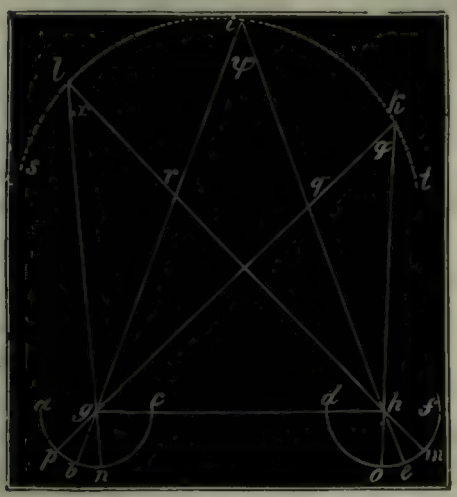
Fig. 302.



telpunkte und *e* einen einfach gesehenen Punkt, auf den die beiden Sehachsen *ef* und *eg* gerichtet sind, so erscheinen die Punkte *m* und *r* doppelt. Die *m* entsprechenden Richtungslinien sind *myn* und *mzo*. Die Bilder von *m* liegen daher in *n* und in *o*, d h. sie befinden sich in jedem der beiden Augen nach außen von dem hinteren Ende der inneren Sehachse oder nach außen von *f* u. *g*. Der ebenfalls doppelt wahrgenommene Punkt *r* hat seine Richtungslinien in *rys* und *rzt* und seine Netzhautbilder in *s* und *t*. Beide befinden sich daher hier nach innen von *f* und *g*. Da die Entfernungen *me* und *er* wechseln können, ohne daß die Verdoppelung der Punkte *m* und *r* aufhört, so müssen wir hieraus schließen, daß wir einen Punkt, den wir mit beiden Augen zugleich betrachten, zweifach sehen, so wie sich jedes seiner beiden Bilder nach außen oder nach innen von den hinteren Enden der Sehachsen abspiegelt.

Nehmen wir dagegen an, *l*, *i* und *k*, Fig. 303., seien drei Punkte, 3895

Fig. 303.



die wir einfach und deutlich wahrnehmen, die Leitlinien kreuzten sich in *i*, so fällt das Bild von *i* auf die hinteren Endstellen der beiden Sehachsen auf *b* und *e*. Der Punkt *k* spiegelt sich in *p* und in *o* oder nach außen von *b* und nach innen von *e* ab und eben so *l* in *n* und *m* oder nach innen von *b* und nach außen von *e*. Die Breite *il* hat eben so *bn* und *em* und *ik* die Ausdehnungen *bp* und *oe* zu Netzhautbildern. Wir sehen hieraus, daß wir die Gegenstände einfach erblicken, wenn sie sich an entgegengesetzten Seiten der hinteren Enden der inneren Sehachsen und zwar in gewissen entsprechenden Entfernungen abspiegeln.

Dieses Verhältniß kehrt für die Richtung von oben nach unten nicht 3896
wieder. Soll hier die Wahrnehmung von Doppelbildern innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite ausbleiben, so müssen die Gegenbilder der gleichen Theile nur oberhalb oder nur unterhalb der Hinterenden der inneren Sehachsen in beiden Augen zu liegen kommen.

Man unterscheidet in der Regel identische oder übereinstim- 3897
mende und nicht identische oder verschiedenartige Netzhaut-

stellen. Jene bezeichnen diejenigen Punkte, auf denen sich die zwei Bilder abspiegeln müssen, wenn der Gegenstand mit beiden Augen einfach gesehen werden soll, und diese die Orte, welche Doppelbilder in dem gleichen Falle liefern. Versetzen wir die hinteren Enden der Augenachsen in *b* und *e*, Fig. 303., so sind der Querrichtung nach *p* und *o*, so wie *m* und *n* übereinstimmende, *p* und *m*, so wie *n* und *o* dagegen nicht übereinstimmende Netzhautpunkte. Wir werden sogleich auf das Nähere dieser Auffassungsweise zurückkommen (§. 3905.).

3898 **Wirkungen des Sehens mit zwei Augen.** — Besitzen beide Augen ungefähr die gleiche Sehweite, so dient der gleichzeitige Gebrauch derselben, die Gesichtseindrücke zu verschärfen. Er vergrößert überdies das gemeinschaftliche Gesichtsfeld. Ein Einäugiger, der einen Korb auf dem Kopfe trägt, stößt daher auch leichter in einem engen Gange an.

3899 Die Betrachtung mit zwei Augen kann manche Täuschung des Urtheils, die der Anblick mit einem Auge herbeiführt, beseitigen. Zeichnen wir z. B. zwei Dodekaeder, so wie man sie von zwei Seiten her sieht, Fig. 304. u. 305., und blickt sie mit beiden Augen zugleich an, so erscheinen sie flächenhaft, wie sie wirklich gezeichnet sind. Schließt man dagegen das eine Auge, so gewinnt es das Ansehen, als ob man wahre Körpermassen vor sich hätte. Nähert man den Augapfel dem Bilde und blickt es besonders schief von der Seite her oder durch eine Röhre an, so vergrößert sich noch die Täuschung.

Fig. 304.

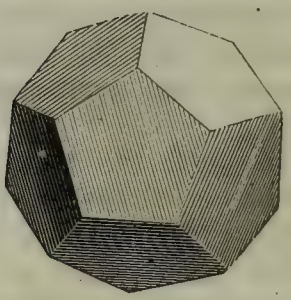
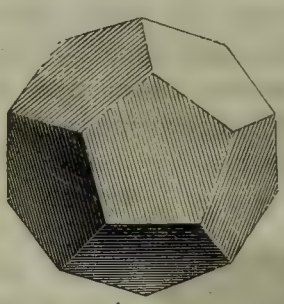


Fig. 305.



3900 Führen die Nebenverhältnisse zu dem Ausnahmsfalle, daß sich zwei wesentlich verschiedenartige Bilder auf entsprechenden Stellen der beiden Netzhäute abspiegeln, so wählen wir zweierlei Wege, um die hierdurch bedingten Störungen zu beseitigen. Wir fassen nur das eine Bild, das uns vorzugsweise behagt, auf und lassen das andere gänzlich unbeachtet, oder wir schließen das eine Auge, um alle unangenehmen Doppelanschauungen zu vermeiden. Manche Menschen sehen daher auch gleichzeitig mit einem Auge in ein Fernrohr oder in ein Mikroskop und mit dem anderen in's Freie. Es kommt aber hierbei oft genug vor, daß sich das mikroskopische Bild und das eines anderen, dem freien Auge dargebotenen Gegenstandes gleichzeitig und zum Theil über einander darstellen.

3901 Ist ein Mensch zerstreut, so kann es sich ereignen, daß die zwei entsprechenden Bilder beider Augen nicht einfach aufgefaßt werden. Es ereignet sich, daß sich hierbei das eine in einer bläulichen und das andere

in einer gelblichen Färbung darstellt [1]). Eine ungleiche Sehweite der Augen begünstigt dieses Mißverhältniß in hohem Grade. Vergl. §. 3689.

Ursachen des Einfachsehens mit zwei Augen. — Manche 3902
Forscher, wie Gassendi, Porta, Leclerc, Hall, Neumann, gingen von dem Grundsatze aus, daß wir immer nur das Bild eines Auges klar auffassen. Könnte man dieses zugeben, so würde hierdurch gewissermaßen jede fernere Erklärung des Einfachsehens überflüssig. Wir haben aber schon früher bemerkt, daß jene Voraussetzung nicht richtig ist. Es kommt ausnahmsweise vor, daß ein Gesunder das Bild des einen Auges unterdrückt, weil es das des anderen stört. Personen, deren Gesichtswerkzeuge sehr ungleiche Sehweiten haben und Leute, die in auffallendem Grade schielen, benutzen oft nur ein Auge, um nicht von unklaren Darstellungen oder von Doppelbildern belästigt zu werden. Es kann sich sogar ereignen, daß das eine Auge eines Menschen seit Jahren erblindet ist, ohne daß er sich dessen bewußt wird. Der zufällige Schluß der Augenlider der gesunden Seite führt ihn erst zu der sicheren Erkenntniß seines Leidens. Alle diese Fälle gehören nur krankhaften oder ungewöhnlichen Verhältnissen an. Die Thatsachen des Einfach- und des Doppeltsehens mit zwei Augen lassen keinen Zweifel übrig, daß wir in der Regel eine einfache Anschauung durch die gleichzeitige Thätigkeit beider Augen erhalten.

Einzelne ältere und neuere Physiker und Physiologen glaubten sich 3903
zu der Annahme berechtigt, daß gewisse, in dem Verlaufe der Nervenfasern begründete beständige Beziehungen das Einfachsehen vermitteln. Newton [2]) stützte sich schon in dieser Hinsicht auf die gegenseitige Verbindung der Nervenfasern in dem Chiasma, die noch im Gehirn selbst vervollständigt werde. Andere setzten eine Theilung der Fasern für die rechte und die linke Netzhaut an einem der genannten Orte oder an beiden voraus. Wir werden in der Nervenlehre finden, daß man diese Annahmen, die noch keine anatomische Untersuchung mit Sicherheit stützen konnte, nach dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse nicht zu machen braucht. Die gewöhnliche Anordnung der Centraltheile des Gehirnes ist schon ohne Weiteres im Stande, die gesonderten Anschauungen der beiden Augen in Beziehung zu bringen und zu einer einzigen zu verbinden.

Einzelne Forscher, wie z. B. Steinbuch und Hasenclever, suchen 3904
die Frage mit der Lehre von den Muskelideen in Verbindung zu bringen. Wir fühlen, daß wir die beiden inneren geraden Augenmuskeln in einem der Entfernung des Gegenstandes entsprechenden Verhältnisse zusammenziehen müssen, wenn der Leuchtpunkt einfach gesehen werden soll. Wir halten ihn daher auch für einfach, sobald wir jenen Bedingungen Genüge geleistet haben. Lassen wir auch die schon früher (§. 3763.) über die Anwendung solcher Vorstellungen gemachten Bemerkungen bei Seite, so er-

---

[1]) Steinheim, in Hecker's neuen wissenschaftlichen Annalen. Bd. III. Berlin, 1836. 8. S. 270 — 280.

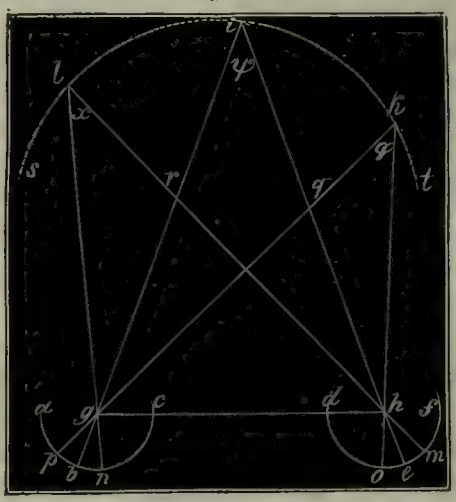
[2]) J. Newton, Optice. Editio Clarkii. Londini 1706. 4. p. 298. 299.

klärt diese Ansicht nicht die Doppelbilder, die bei ungleicher Sehweite beider Augen zum Vorschein kommen. Sie erläutert noch weniger, weshalb die subjectiven Gesichtserscheinungen eine einfache Anschauung liefern, so wie z. B. seitlich übereinstimmende Netzhautorte gleichzeitig gedrückt oder galvanisirt werden. Müssen wir aber auch auf diese Weise die Verhältnisse der Muskelbewegung als Erklärungsgrund des Einfachsehens aufgeben, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß sie uns häufig genug über die Größen, die körperliche Ausdehnung und andere Beziehungen, die bei dem Sehen mit zwei Augen in Betracht kommen, belehren können.

3905 Reid, Smith, Joh. Müller und die meisten Neueren leiten das Einfachsehen von den Identitätsverhältnissen der beiden Netzhäute her. Bilder, die in gleichen Entfernungen von den hinteren Enden der inneren Sehachsen und zwar an entsprechenden Netzhautstellen auffallen, liefern hiernach einfache, diejenigen dagegen, in denen jene Bedingung nicht erfüllt ist, doppelte Eindrücke. Manche betrachten die e Norm als eine unabweisliche organische Einrichtung, während sie Andere als eine bloße Folge der Erziehung und der Angewöhnung ansehen.

3906 Nehmen wir an, *b* und *e*, Fig. 306., seien die hinteren Endpunkte der beiden inneren Sehachsen, so liefern hiernach *p* und *o* einen einfachen Eindruck, weil $pb = oe$ ist. Eben so entsprechen einander *m* und *n*, wenn *me* der Entfernung *nb* gleicht. Bildete jeder Augapfel eine vollständige Kugel und fiele sein optischer Mittelpunkt *g* oder *h* mit seinem mechanischen Mittelpunkte unter allen Verhältnissen zusammen, so ließe sich die eben dargelegte Lehre eben so wenig als der Satz, daß die Linie des Gesichtsfeldes *lik* einem Kreise angehört (§. 3876.), bezweifeln. Wir haben aber früher gesehen, daß das Auge keine vollkommene Kugelgestalt besitzt, daß sich die Netzhaut nicht genau in einem Kreisabschnitte biegt, daß der optische Mittelpunkt in keinem Falle mit dem Drehpunkte des kugelig gedachten Auges zusammenfällt. Man ist daher auch nicht berechtigt, die vollkommene Gleichheit der Abstände der identischen Netzhautstellen von dem hinteren Ende der Sehachse und die Kreisform der Linie des Gesichtsfeldes ohne Weiteres vorauszusetzen.

Fig. 306.



3907 Erinnern wir uns, daß die Lage des optischen Mittelpunktes mit den Entfernungen wechselt (§. 3563.), so könnte sogar keine mathematische Gleichheit zu Stande kommen, wenn selbst die oben erwähnten Bedingungen vorhanden wären. Der Krümmungspunkt der Richtungslinie nähert sich der Hornhaut, so wie sich der Abstand des des Leuchtpunktes verkleinert. Betrachten wir den Gegenstand *li*, so ist der Punkt *l* von

der Netzhaut *ab* weniger, als von *df* entfernt. Rückt aber *g* weiter hinaus, als *h*, so kann auch nicht mehr das Netzhautbild *bn* mit *em* übereinstimmen.

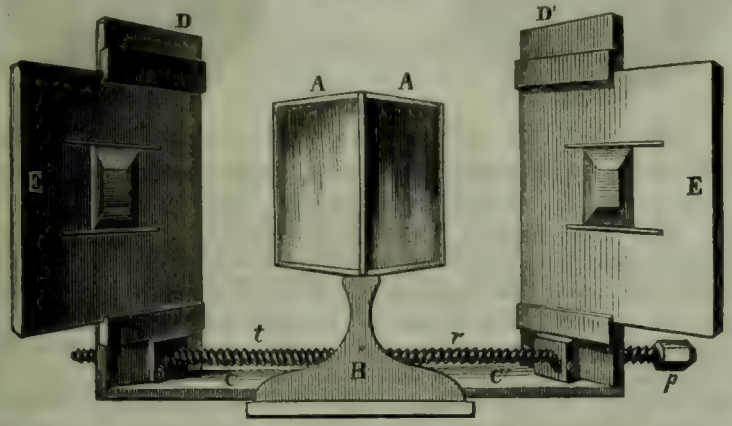
Fällt aber die völlige Gleichheit hinweg, können wir nur behaupten, 3908
daß die Verschiedenartigkeit der Netzhautstellen eine gewisse Grenze überschreiten muß, wenn wir Doppelbilder sehen sollen, so verliert die Identitätslehre einen großen Theil ihrer Schärfe.

Lassen wir auch diesen Uebelstand bei Seite, so kann jene Theorie 3909
kaum genügen. Die unter einander übereinstimmenden Netzhautstellen müssen mit der Mannichfaltigkeit der Lage, welche die Augen in den verschiedenen, ein gemeinschaftliches Gesichtsfeld besitzenden Thieren darbieten, wechseln. Die strenge Identitätslehre erklärt noch nicht für sich und ohne Zuziehung psychologischer Annahmen, weshalb wir bisweilen unabweislich einfach und in anderen Fällen das Mittelbild neben den beiden seitlichen wahrnehmen (§. 3886.). Wir werden in der Folge finden, daß alle Wechselfälle, die wir hier bei dem Sehen antreffen, für das Hören mit zwei Ohren wiederkehren. Es dürfte aber schwer fallen, die bloße Anregung identischer Massen des Hörnerven hier nachzuweisen.

Giebt man auch zu, daß ein Theil dieser Bedenken keine völlig bin- 3910
dende Kraft hat, so liefert doch die Identitätslehre noch keine Erklärung, sondern nur eine in wissenschaftlichen Ausdrücken gehaltene Umschreibung des unbekannten Verhältnisses, dem wir hier begegnen. Führen zwei Netzhautpunkte, die entsprechend weit von den hinteren Enden der Augenachse abstehen, zu einer einfachen Anschauung, so handelt es sich erst noch um die Angabe des Grundes, weshalb dieses geschieht.

Wheastone bemühte sich, die Identitätslehre der Netzhautstellen durch Erfahrungen, die er an seinem Stereoskop machte, anzugreifen. Fig. 307. zeigt uns die von

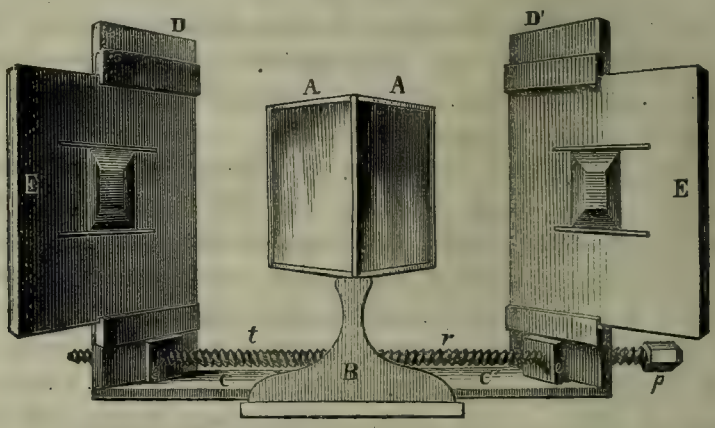
Fig. 307.



ihm gebrauchte Vorrichtung. *AA'* sind zwei, in Rahmen gefaßte Spiegel, die schief gestellt sind, so daß sie wechselseitig in einem rechten Winkel zusammenstoßen. Sie stehen auf einem Holzfuße *B*. Zwei einander gegenüberstehende, wechselseitig verschiebbare Bretter *CC'* tragen zwei senkrechte Laden, welche den Spiegeln *AA'* näher oder ferner gerückt werden können. Die Schraube *rt*, zu der die Muttern *ee'* gehören und deren Windungsweise in der Abbildung dargestellt ist, leitet diese Veränderungen ein, so wie man an dem Kopfe *p* dreht. *EE'* sind zwei Schieber, die in den Falzen der Laden *DD'* vor-

und rückwärts bewegt werden können. Sie nehmen die bald zu erwähnenden Zeichnungen, die man betrachten will, so auf, daß sie sich in derselben wagerechten Ebene befin-

Fig. 308.



den. Ein senkrechtes Brett kann noch vor der Kante von *A A'* angebracht werden. Man sichert sich hierdurch, daß jedes Auge nur das Bild des ihm entsprechenden Spiegels aufnimmt. Tourtual [1]) ließ auch kleine drehbare Klappen in den Seitenladen anbringen, um die Stellungsverhältnisse der betrachteten Abbildungen wechseln zu lassen.

Man stellt sich einen Körper gerade der Mittellinie des Gesichtes gegenüber auf und verfertigt sich zwei Zeichnungen, wie man ihn nur mit dem linken und dem rechten Auge sieht. (Fig. 309 und Fig. 310.) Die nach dem rechten Auge entworfene kommt in E'

Fig. 309.

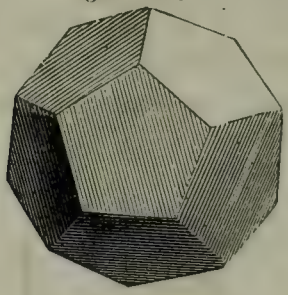
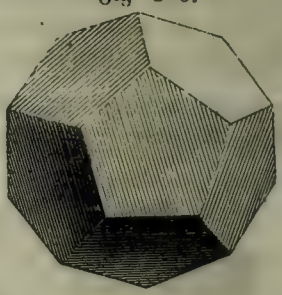


Fig. 310.



und die andere in *E*. Nähert man sich bis zu einem gewissen Grade, so fallen die Bilder beider Augen in eine Anschauung zusammen. Diese stellt aber keine flächenhafte Zeichnung dar. Sie macht vielmehr den Eindruck eines vollständigen Körpers. Passend verfertigte Daguerreotypfiguren eignen sich in hohem Grade zu solchen Beobachtungen.

Die Abbildungen, welche die verschiedenen seitlichen Auffassungen künstlich wiedergeben, sind unter sich ungleich. Sie liefern daher auch nicht übereinstimmende Netzhautbilder. Decken sich ihre Anschauungen wechselseitig, so erhält man dessenungeachtet den Eindruck der richtigen körperlichen Masse als das Ergebniß ihrer gemeinschaftlichen Wirkung. Wheastone [2]) schloß hieraus, daß die Identitätslehre der beiden Netzhäute der Wahrheit nicht entsprechen könne. Bruecke [3]), Tourtual [4]) und Alex. Pre-

[1]) C. Th. Tourtual, Die Dimension der Tiefe im freien Sehen. Münster, 1842. 8. Seite 30.

[2]) Wheastone, a. a O. S. 39.

[3]) Bruecke, in Müller's Archiv. 1841. S. 459 - 476.

[4]) C. Th. Tourtual, Die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoskopischen Bilde. Münster, 1842. 8. S. 80—94. und in Müller's Archiv. 1842. Seite XXI. fgg.

voſt [1]) ſuchten dieſen Einwand zu beſeitigen. Es wurde mit Recht hervorgehoben, daß die Wahrnehmung der Körperlichkeit auf einer geiſtigen Verbindung beider Anſchauungen beruht, und daß hierbei die Phantaſie Unvollkommenheiten der ſinnlichen Auffaſſung ergänzt. Dieſes beweist aber nur von Neuem, daß die Identitätsſtellen der Netzhäute keinen unbedingt beſtimmenden Einfluß beſitzen. Man legte auch bisweilen ein großes Gewicht auf die Wendungen der Augenachſe, mittelſt deren die Betrachtung von Punkt zu Punkt bei den Anſchauungen wirklicher Körper und bei der Wahrnehmung des einfachen Bildes im Stereoſkope fortſchreitet. So wenig man bezweifeln kann, daß dieſes Mittel zur Erforſchung der Körperverhältniſſe häufig gebraucht wird, ſo ſicher läßt ſich behaupten, daß es zur Auffaſſung der Körperlichkeit nicht nothwendig iſt. Die überaus kurze Dauer des Lichtes des elektriſchen Funkens, während der wir gewiß keine irgend ausgedehnte Fläche Schritt für Schritt überſehen können, reicht hin, die vollſtändige Anſchauung einer Körpermaſſe zu liefern. Das Gleiche wiederholt ſich ſogar häufig nach Dove [2]) für die körperliche Auffaſſung der ſtereoſkopiſchen Bilder. Wir dürfen übrigens bei dem Anſchauen wahrer Körper, die wir auch ſchon mit einem Auge hinreichend deutlich erkennen (§. 3899.) nicht außer Acht laſſen, daß die auf der Netzhaut entworfenen Bilder nicht bloß zwei, ſondern auch eine dritte Dimenſion wegen der Dicke und der Durchſichtigkeit der Nervenhaut haben müſſen.

Wir haben §. 3892 geſehen, daß vielfach geſtritten wurde, ob zwei beiden Augen dargebotene verſchiedene Farben einen Mitteleindruck erzeugen oder nicht. Mehrere Schriftſteller bejahen dieſe Frage nach ſtereoſkopiſchen Verſuchen. Al. Prevoſt [3]) läßt die Bilder einer blauen und einer gelben Scheibe in dem Stereoſkope zuſammenfallen und heftet dann noch oberhalb der gelben eine zweite gelbe und unterhalb der blauen eine blaue Scheibe an. Sind die urſprünglichen Farben ſehr rein, ſo hat nach ihm die mittlere Scheibe eine grüne, und wenn nicht, eine bronzene Färbung. Andere Farbenverbindungen führen zu ähnlichen Ergebniſſen.

Dove [4]) bohrte zwei runde Löcher in die Seitenwände des Stereoſkopes, ſo daß ſich ihre Spiegelbilder als eine einfache Oeffnung für das paſſend gerichtete Auge darſtellten. Er ſchaltete dann vorn ein Glimmerblatt ein und gebrauchte überdieß zwei Nicol'ſchen Prismen, deren Polariſationsebenen ſenkrecht auf einander ſtanden. Während die Oeffnung bei dem Sehen mit zwei Augen farblos erſchien, zeigten ſich nach dem Schluſſe des einen Färbungen, die ſich mit denen des anderen unter den gleichen Bedingungen ergänzten. Die Verbindung der Complementarfarben beider Augen führte daher hier zur Wahrnehmung des Weiß.

4. Subjective Geſichtserſcheinungen.

Wir müſſen hier zweierlei Reihen von Erſcheinungen, ſo ſehr als 3911
möglich, zu trennen ſuchen. Die eine gehört im Weſentlichen dem objectiven Sehen an. Körper, die unmittelbar vor oder in dem Auge liegen, führen zu Licht- und Schattenvertheilungen, die mit größerer oder geringerer Deutlichkeit aufgefaßt werden. Der Charakter der Subjectivität rührt nur davon her, daß die Gegenſtände, welche die Anſchauungen liefern, den Geſichtswerkzeugen anzugehören pflegen. Die zweite Gruppe der Thätigkeiten umfaßt die Empfindungen, welche die innere Anregung

---

[1]) Al. Prevost, Essai sur la vision binoculaire. Génève, 1843. 4. p. 23 fgg. Bibliothèque universelle de Génève. 1843. und Poggendorff's Annalen. Band LXXII. Leipzig, 1844. 8. S. 548—570.
[2]) Dove, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXXI. Leipzig, 1847. 8. S. 100. 101.
[3]) Prevost, a. a. O. S. 566.
[4]) Dove a. a. O. S. 111.

der Netzhaut oder der ihr entsprechenden Gehirntheile begleiten, die Feuerbilder, die keinem äußeren Körper entsprechen, sondern nur das Widerspiel der Gleichgewichtsstörung der Nerventheile darstellen.

3912 **Polarisirende Eigenschaften der Brechungskörper des Auges.** — Die Untersuchungen von Erlach[1]) haben am ausführlichsten dargethan, daß viele der pflanzlichen und thierischen Gewebe zu den doppelt brechenden Körpern (§. 3376.) gehören. Diese Eigenthümlichkeit verräth sich immer deutlicher im Laufe ihrer Entwickelung. Die zweifache Ablenkung fällt jedoch im Allgemeinen in pflanzlichen Geweben stärker, als in thierischen aus. Sie nimmt auch zu, so wie die Theile eine Zeit lang in Wasser gelegen haben.

Fig. 311.

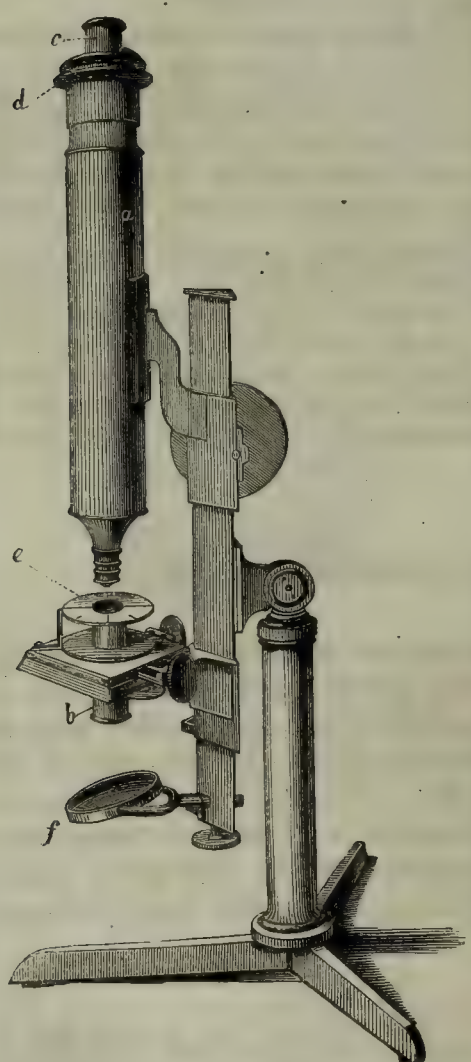


Fig. 311. zeigt die Vorrichtung, deren sich Erlach für diese Beobachtungen bediente. Ein größeres Schieck'sches Mikroskop ist unten mit einem Nicol'schen Prisma *b* und oben mit einem zweiten *c*, das auf einer graduirten Scheibe *d* gedreht werden kann, versehen. Der Tisch, auf den der kleine, zu betrachtende Gegenstand gelegt wird, trägt eine ebenfalls eingetheilte Drehscheibe *e*. Das Licht, das von dem Beleuchtungsspiegel *f* zurückgeworfen wird, geht zuerst durch das untere Nicol *b*, dann durch den geprüften Gewebtheil der auf *e* liegt und hier beliebig im Kreise gedreht zu werden vermag, hierauf durch die Linsen des Mikroskopes *a* und endlich durch das obere Nicol *c*, das ebenfalls im Kreise herumgewendet werden kann.

Fig. 312. (s. S. 225.) giebt uns eine Durchschnittszeichnung des unteren Theiles der Vorrichtung. Die Fassung des unteren Nicol'schen Prisma *a* wird am einfachsten in einen Ring *b* der Blendung *c* eingefügt und so mit seinem Hauptschnitte einer Stelle des Objecttisches *d*, die mit einer Marke bezeichnet ist, gegenübergestellt. Es behält diese Lage unverändert bei. Die mit einer Gradeintheilung versehene und in ihrer Mitte durchbohrte Scheibe *e* (Fig. 312.) wird mit ihrem Cylinderstücke auf einen Ring *f* des Objecttisches *d* aufgesetzt. Die Marke von diesem entspricht einem gewissen Grade der Scala der Scheibe.

---

[1]) C. v. Erlach, in Müller's Archiv 1847. S. 313—337.

Fig. 312.

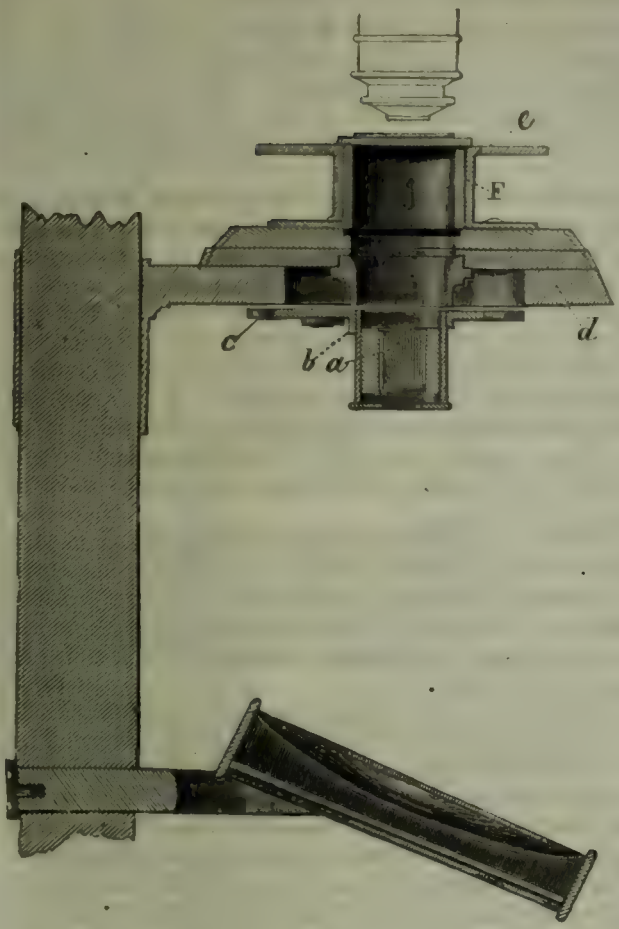
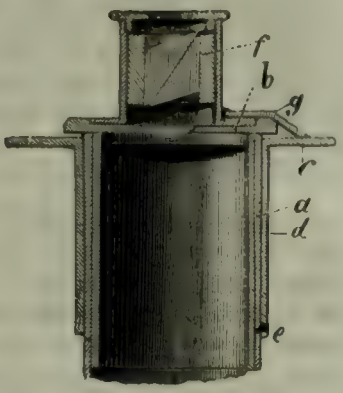


Fig. 313.



Bezeichnet *a*, Fig. 313., den oberen Theil des Mikroskoprohres, so schiebt man den Ring *d* der graduirten Tafel *c*, Fig. 313., oder *a*, Fig. 314., über jenen hin, befestigt ihn an dem hierfür angebrachten Halter *e*, fügt das Ocular *b* ein und setzt auf dessen ausgeschliffene obere Fläche das obere Nicol *f*. Seine Fassung trägt den Zeiger *g*, Fig. 313., *c*, Fig. 314. Dieser hat in seiner Mitte eine Figur 314. sichtbare Marke, welche die Verhältnisse der Stellung des Nicol zu der Gradeintheilung der Scheibe *a*, Fig. 314 angiebt.

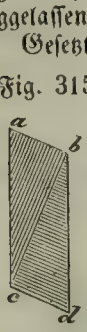
Fig. 314.

Die Untersuchungen werden am besten bei Lampenlicht angestellt. Man umgiebt dann noch das untere Ende des Rohres des Mikroskopes, an das die Objective geschraubt sind, mit einer Röhre von Pappdeckel, um alles nicht polarisirte Licht möglichst abzuhalten.

Handelt es sich um die Bestimmung, ob ein dünner Gewebtheil einfach oder doppelt brechende Eigenschaften besitzt, so genügt die

eben beschriebene Einrichtung. Wir werden sogleich sehen, daß der Wechsel der größten Helle und des tiefsten Dunkel, welcher die Drehung der Objectscheibe *e*, Fig. 311., begleitet, sichere Merkmale für die Lösung jener Aufgabe darbietet. Will man aber zugleich die mannichfachen Interferenzfarben, die zugleich zum Vorschein kommen können, zur Anschauung bringen, so schaltet man ein passend eingefaßtes Gyps- oder Glimmerblättchen in die Oeffnung des Objecttisches so ein, daß es trotz der Drehnung von *e*, Fig. 311., ruhig liegen bleibt. Es wird jedoch für die gewöhnlichen Beobachtungen hinweggelassen.

Fig. 315.



Gesetzt, *abcd*, Fig. 315., stellt den Durchschnitt eines Nicol'schen Prisma dar, so sind hier zwei in bestimmten Richtungen geschnittene und zusammengefügte Stücke [1]) *abc* und *bcd* eines Kalkspathprisma in *bc* durch Canadabalsam verbunden. Der Kalkspath gehört zu den doppelt brechenden Massen. Wir haben schon §. 3384. gesehen, daß er in dieser Beziehung zu den einachsigen negativen Körpern gestellt werden muß. Es folgt daher aus §. 3383., daß der kleinste Werth des veränderlichen Ablenkungsverhältnisses seiner ungewöhnlichen Strahlen niedriger, als die beständige Größe des Brechungsverhältnisses des gewöhnlichen Strahles ausfällt. Dieser hat 1,658, jener dagegen nur 1,489. Der Canadabalsam besitzt aber nach Brewster 1,549, mithin einen Werth, der zwischen jenen beiden zuerst genannten Zahlen liegt.

Dringt der gewöhnliche Strahl aus dem Kalkspathstücke *bcd* nach dem Canadabalsam *bc* vor, so gelangt er aus einem stärker brechenden in ein schwächer ablenkendes Mittel. Er wird daher bei einer gewissen Neigung gänzlich zurückgeworfen (§. 3430.). Er kann dann nicht in das Stück *abc* übergehen. Der zweite Strahl dagegen, der weiter verläuft, unterliegt keiner neuen doppelten Brechung, weil die Hauptschnitte der beiden Hälften parallel genommen worden sind.

Wir haben §. 3370. gefunden, daß die Schwingungen der Aethertheilchen in jedem Falle auf der Richtung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit senkrecht stehen. Erzittern sie aber in einer bestimmten Bahn innerhalb der Wellenfläche, so ist der Lichtstrahl geradlinig polarisirt, wenn jene Bewegung einer geraden Richtung ausschließlich gehorcht. Es wurde §. 3379. bemerkt, daß die gewöhnlichen und die ungewöhnlichen Strahlen eines doppelt brechenden Körpers polarisirt sind, und daß sich ihre beiderseitigen Polarisationsebenen senkrecht schneiden. Da die außerordentlichen Strahlen zur Fläche *ab* (Fig. 315.) des Nicols heraustreten, so erhalten wir auf diese Weise einseitig polarisirtes Licht, das den auf dem Objecttische (*e* Fig. 311.) befindlichen Gegenstand beleuchtet.

Nehmen wir an, es sei kein fremdartiger Körper von eigenthümlicher Wirkung zwischen dem unteren und dem oberen Nicol, zwischen *b* und *c*, Fig. 311., eingeschaltet, so hängt der Eindruck, den das Auge bei dem Durchsehen empfängt, von der gegenseitigen Stellung der beiden Prismen ab. Sind ihre Hauptschnitte parallel, so erblickt man ein helles, stehen sie dagegen senkrecht zu einander, ein dunkeles Gesichtsfeld. Läßt man das untere Nicol unverrückt, während man das obere in einem vollständigen Kreise herumdreht, so hat man z. B. die stärkste Helligkeit bei 0° und 180°, die größte Dunkelheit bei 90° und 270°.

Die zwei Wellenzüge, die der doppelt brechende Krystall erzeugt, sind, wie wir gesehen haben, rechtwinkelig polarisirt. Die Schwingungen des außerordentlichen Strahles liegen in der Ebene des Hauptschnittes und die des gewöhnlichen senkrecht auf dieser. Nehmen wir an, die Hauptschnitte der beiden Nicol stehen parallel, so wird wieder der außerordentliche Strahl durch das obere hindurchschwingen und der gewöhnliche zurückgeworfen werden. Kreuzen sich dagegen die Hauptschnitte, so kann auch der außerordentliche Strahl das obere Prisma nicht durchdringen, weil seine Schwingungen, die in der Ebene des unteren Hauptschnittes liegen, die des oberen senkrecht schneiden. Es zeigt sich in jenem Falle Licht und in diesem Dunkelheit.

Man nennt das Prisma, durch welches das Licht zuerst durchgeht, das polarisirende. Das obere dagegen, vor dem sich das Auge befindet, das analysirende oder zerlegende Nicol. Der Grund dieser Benennungen ergiebt sich aus den eben erläuterten Verhältnissen.

---

[1]) Siehe z. B. das Nähere bei Radicke, a. a. O. Bd. II. S. 369 — 373.

Denken wir uns, wir hätten einen hinreichend durchsichtigen Körper auf die Scheibe des Objecttisches des Mikroskopes (*e* Fig. 311.) gelegt und auf diese Weise zwischen beide Nicol eingeschaltet, so kann er die eben beschriebenen Erscheinungen ändern. Besitzt er die Fähigkeit, die Schwingungsrichtung der Strahlen, die durch das polarisirende Nicol gegangen sind, abzulenken, so wird das Maximum der Helligkeit bei einer anderen Stellung des oberen Nicol eintreten. Haben wir z. B. dieses auf 90° gedreht und das Gesichtsfeld dunkel gemacht, so wird uns noch jener in ihm befindliche eingeschaltete Körper entgegenglänzen. Stellt man die beiden Prismen auf das größte Hell oder das größte Dunkel und dreht nun den in der Mitte der Objectscheibe oder in deren Nähe befindlichen Gegenstand um 360°, so ist man wiederum im Stande, dessen optische Wirkungen aus den dann hervortretenden Erscheinungen zu ermitteln. Sie können darin bestehen, daß die eingeschobene Masse depolarisirt, daß sie einfach oder daß sie doppelt bricht.

Wir haben §. 3370. gesehen, daß die Aethertheilchen in dem gewöhnlichen nicht polarisirten Lichte in jeder beliebigen Richtung innerhalb der Fläche, die auf der Fortpflanzungsrichtung senkrecht steht, schwingen. Hat der betrachtete Gegenstand depolarisirende Kräfte, führt er das polarisirte Licht, das von dem unteren Nicol heraufkommt, auf gewöhnliches Licht zurück, so wird das obere Prisma seinen außergewöhnlichen Strahl bei jeder Lage durchlassen. Stellen wir daher *b* und *c*, Fig. 311, so ein, daß das Gesichtsfeld dunkel ist, so wird uns der Gegenstand immer hell bleiben, wir mögen *e*, wie wir wollen, drehen.

Trifft ein Strahl gewöhnlichen Lichtes die Oberfläche eines einfach brechenden Mittels, so ist ein Theil des zurückgeworfenen Lichtes parallel und ein Theil des durchgehenden senkrecht auf der Zurückwerfungsebene polarisirt. Wir bemerken diese Eigenthümlichkeit an denjenigen Wellenzügen, welche unter dem Polarisationswinkel (Bd. I. S. 303.) auffallen. Die polarisirten Lichtmengen des zurückgeworfenen und des durchgelassenen Strahles stimmen unter einander an Lichtstärke überein.

Haben wir eine ebene, mit parallelen Oberflächen versehene Glasplatte, so macht sich natürlich diese Norm an der ersten Begrenzungsfläche geltend. Ein Theil des durchgelassenen Lichtes wird aber dann an der Hinterfläche gänzlich zurückgeworfen. Er ist in derselben Weise, wie das an der ersten Oberfläche zurückgeworfene Licht polarisirt.

Legt man eine Reihe von Glasscheiben, die mit parallelen Oberflächen versehen sind, über einander, gebraucht man, wie man sich ausdrückt, einen Plattensatz, so wiederholt sich das Gleiche von Oberfläche zu Oberfläche. Es ergiebt sich hieraus, daß sich die Menge des polarisirten Lichtes mit der Zahl der auf einander folgenden Flächen vergrößern und die des nicht polarisirten verkleinern muß. Läßt man einen polarisirten Strahl auf einen hinreichend starken Plattensatz unter dem Polarisationswinkel einfallen, so wird ihn dieser mit aller seiner Lichtstärke hindurchgehen lassen, so wie seine Einfallsebene auf der Polarisationsebene des einfallenden Strahles senkrecht steht. Sind dagegen beide parallel, so muß alles Licht zurückgewiesen werden. Der Plattensatz erscheint dann undurchsichtig. Führt dieser eine größere Zahl von Gläsern, so braucht nicht einmal das Licht unter dem Polarisationswinkel einzutreten. Man erhält die eben erwähnte Wirkung bei jeder Neigung des Strahles.

Denken wir uns, wir hätten einen solchen Plattensatz eines einfach brechenden Körpers auf die Scheibe des Objecttisches (*e*, Fig. 311.) gelegt, so wird der von dem unteren Nicol (*b*, Fig. 311.) heraufkommende polarisirte ungewöhnliche Strahl durchgehen, wenn die Polarisation des Plattensatzes mit dem des Prisma übereinstimmt. Kreuzen sich dagegen die Ebenen von beiden unter rechten Winkeln, so wird jener Strahl zurückgewiesen. Schneiden sie sich endlich unter einem spitzen Winkel, so kann der Strahl mit verminderter Lichtstärke durchtreten.

Diese drei Hauptfälle bestimmen die Erscheinungen, die das obere Nicol darbietet. Dringt der Lichtstrahl durch das untere Prisma und die eingeschobenen Massen, so haben wir hell bei entsprechender und dunkel bei senkrecht gekreuzter Stellung. Wird schon der Strahl von dem Plattensatze abgeschnitten, so kehrt natürlich das Dunkel selbst für die parallele Stellung der Hauptschnitte beider Prismen wieder. Fallen endlich die Strahlen mit geschwächter Lichtstärke durch, so wird die größte Helligkeit zwischen 0° und 90° liegen.

Bedenken wir, daß die Schwingungen der beiden Strahlen, die eine doppelt brechende Masse liefert, senkrecht polarisirt sind, so werden wir die Eigenthümlichkeiten, die

sie darbietet, einsehen. Hat der Körper, der sich auf dem Objecttische befindet, einfach polarisirende Kräfte, so werden die Zahlen der Maxima und der Minima der Helligkeit, die bei einer vollständigen Kreisdrehung der Scheibe beobachtet werden, die, welche durch die gleichartige Wendung des oberen Nicol zu Stande kommen, wiederholen. Der größte Glanz und die tiefste Schwärze müssen nur eigenthümlichen Winkeln, die zwischen 0° und 90° liegen, entsprechen. Drehen wir die Scheibe um 360°, so haben wir zwei Mal vollkommen hell und zwei Mal dunkel. Erzeugt die Masse dunkele Interferenzstellen [1]) der polarisirten Strahlen, so haben wir im Ganzen zwei helle und zwei dunkele Felder. Besitzt dagegen der eingeschaltete Körper doppelt brechende Eigenschaften, so treten die günstigen Bedingungen bald für das eine, bald für das andere außerordentliche Bild ein. Die große Helle wiederholt sich vier Mal im Laufe einer vollständigen Kreisumdrehung der Scheibe. Kommt es zur Interferenz der polarisirten Strahlen, so erhalten wir vier helle Felder und vier dunkele radienartige Streifen.

Die Beobachtungen von Erlach lieferten Beispiele für beide Fälle. Obgleich die einzelnen Schichten der Linse zu den doppelt brechenden Körpern gehören, so verräth sich doch diese Eigenschaft nach jenem Forscher in so geringem Grade, daß sich die ganze Linse, ihres geschichteten Baues wegen, wie ein Plattensatz in dem polarisirten Lichte darstellt. Fig. 316. zeigt die Linse des Meerschweinchens bei paralleler und Fig. 317. bei

Fig. 316.

Fig. 317.

Fig. 318.

Fig. 319.

gekreuzter Stellung der Nicol'schen Prismen. Fig. 318. und Fig. 319. dagegen stellen ein Stärkemehlkorn unter den gleichen Wechselverhältnissen des Nicol dar. Jene hat zwei helle und zwei dunkele, dieses dagegen vier abwechselnde Theile bei hellem Gesichtsfelde.

Eine größere Dicke der organischen Theile oder andere Bedingungen, die zu Unterschieden der Weglängen der Lichtwellen führen, können Interferenzfarben in solchen Beobachtungen hervorrufen. Man bemerkt sie auch leicht in den Wänden stark verholzter Pflanzenzellen, in dickeren Schichten von Muskelmassen und in anderen Geweben, die aus wesentlich verschiedenartigen untergeordneten Gebilden zusammengesetzt sind. Wir werden auf einen Theil dieser Erscheinungen in der Nervenlehre zurückkommen. Die Krystalle, die in den organischen Körpern gefunden werden, und deren Gestalten meist nicht zu dem regulären Systeme gehören, zerlegen in der Regel das Licht mit großer Stärke.

3913 Betrachtet man ein matt beleuchtetes weißes oder schwach violettes Feld eine Zeit lang mit einem Auge und schiebt dann vor dieses ein Nicol'sches Prisma, so bemerkt man für einige Secunden zwei blaßgelbe oder graugelbliche Streifen, die in der Richtung der großen Diagonale der dem Auge zugewandten Oberfläche des Prisma liegen. Da die Polarisationsebene der außerordentlichen Strahlen, die hier allein durchgehen (§. 3912.), dieser Lage entspricht, so suchte sie Haidinger [2]) vermöge des eben erwähnten Mittels in verschiedenen polarisirenden Körpern zu bestimmen.

3914 Nimmt ein Mensch die Erscheinung, die man mit dem Namen der Haidinger'schen Lichtbüschel zu bezeichnen pflegt, wahr, so schwindet sie in der Regel, kurz nachdem er sie erblickt hat. Dreht er dann

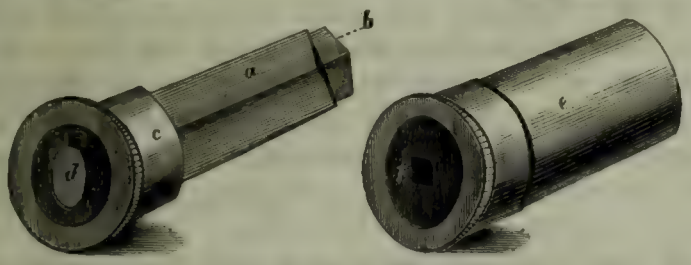
[1]) Ueber deren Theorie s. z. B. Lamé a. a. O. Bd. II. p. 474.
[2]) Haidinger, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXIII. Leipzig, 1844. 8. S. 29—39.

das Nicol rasch um 90°, so kehrt das Bild wieder und zwar von Neuem in der Richtung der großen Diagonale. Man kann diese Beobachtung mehrere Male wiederholen. Die Büschel werden zwar immer deutlicher, sie schwinden aber auch immer rascher aus dem Gesichtsfelde. Man sieht bisweilen noch einen violetten Grund oder violette Streifen, die senkrecht gegen die gelben Büschel gestellt sind.

Ist das Auge ermüdet, so erblickt es diese Bilder nicht, wenn selbst 3915
die günstigsten Nebenverhältnisse einwirken. Viele Menschen können aber die ganze Erscheinung überhaupt nie beobachten.

Haidinger, dessen Augen in dieser Beziehung sehr empfindlich sind, bemerkte die Büschel nicht bloß bei der Betrachtung von Turmalin, Doppelspath und anderen geeigneten Mineralien, sondern auch bei der polarisirenden Zurückwerfung eines Plattensatzes (S. 227.), einer spiegelnden Oberfläche und überhaupt unter den verschiedenartigsten Verhältnissen [1]). Die dichroskopische Lupe [2]) kann ebenfalls die Erscheinung zur Anschauung bringen. Ein Doppelspathprisma *a*, Fig. 320., das an den Seitenflächen geschwärzt ist, hat an seinen beiden Enden ein Glasprisma *b* aufgekittet. Es befindet sich

Fig. 320. Fig. 321.



in einer Fassung *c*, die eine schwach vergrößernde Lupe enthält und wird Hülse in eine *e*, Fig. 321., deren Ausgang eine viereckige Lichtöffnung *f* besitzt, eingeschraubt. Sieht man durch die Lupe, so erblickt man natürlich ein Doppelbild der viereckigen Oeffnung *f*, Fig. 321., und der durch sie wahrnehmbaren Gegenstände. Stellt man sie so, daß das erste Bild über das zweite fällt und betrachtet man abwechselnd das eine und das andere eine Zeit lang, so sieht man nach Haidinger [3]) und Botzenhart [4]) die gelben Büschel auf violettgrauem Grunde sehr deutlich. Das ordentliche Bild zeigt sich nach jenem Forscher in der Gestalt O, Fig. 322., und das außerordentliche in der von E, Fig. 322. Schiebt man eine Quarzplatte, die das polarisirte Licht dreht, zwischen das Auge und die Lupe, so wendet sich auch die Lage der Büschel in entsprechender Weise. Ist die Platte dünn, so sieht man oft auch nach Botzenhart rothe und grüne Büschel außer den gelben und violetten oder nur jene allein.

Fig. 322.

Wir haben schon oben bemerkt, daß viele Menschen diese eigenthümliche Erscheinung nicht wahrnehmen. Ich gehöre ebenfalls zu denen, deren Auge fast unempfindlich für diese optischen Verhältnisse ist. Obgleich ich den §. 3913. erwähnten Versuch mit dem Nicol'schen Prisma sehr oft wiederholte, so erinnere ich mich doch nur ein Mal, stark gelb gefärbte und scharf ausgesprochene Büschel gesehen zu haben, als ich einige Augenblicke den grauen Himmel betrachtete und dann schnell ein Nicol vorschob. Der Versuch gelang mir dagegen bis jetzt nie mit Turmalinplatten. Betrachte ich ein weißes Papier, das rein oder mit einem schwarzen Quadrate versehen ist, mit der Fig. 320. und 321. abgebildeten dichroskopischen

---

[1]) Vergl. noch Haidinger, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXVIII. Leipzig, 1846. 8. S. 73 — 87 u. 305 — 318.
[2]) Haidinger, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXV. Leipzig, 1845. 8. S. 4.
[3]) Haidinger, a. a. O. S. 30.
[4]) Botzenhart, Ebendaselbst. Bd. LXX. Leipzig, 1847. S. 399.

Lupe in der oben erwähnten Weise, so sehe ich noch am häufigsten einen gelblichen Anflug auf schwach violettgrauem Grunde und zwar deutlicher im gewöhnlichen Bilde, in dem er sich als ein in der Richtung von O, Fig. 322., befindlicher Streifen darstellt. Der Eindruck ist aber auch hier so schwach, daß ich ihn ohne besondere Aufmerksamkeit und bei einiger Ermüdung des Auges nicht wahrnehme.

3916 Da die Richtung der Büschel mit der der Schwingungen des polarisirten Lichtes übereinstimmt (§. 3913.), so glauben Haidinger und Botzenhart, daß das Auge diese Seite der Thätigkeit der Aethermolecüle in dem erwähnten Versuche eben so gut bemerkt, als es die Farben nach Maaßgabe der Verhältnißmengen der Wellenerschütterungen beurtheilt (§. 3365.). Silbermann[1]) sucht die Erscheinung aus den polarisirenden Wirkungen der Brechungskörper der Gesichtswerkzeuge zu erklären. Die Hornhaut und die Linse können die gewöhnlichen Polarisationsfarben vermöge ihrer doppeltbrechenden Eigenschaften liefern. Der strahlig faserige Bau der Linse, vorzüglich der hinteren Hälfte derselben und wahrscheinlich auch der Glaskörper gleichen einer zerlegenden Vorrichtung (S. 226.), die ihre Wirkung nach allen möglichen Seiten ausübt. Es bleibt in der Mitte ein neutraler Raum, in dem das Licht nicht polarisirt wird, übrig. C. v. Erlach[2]) vergleicht endlich die Büschel mit der Fig. 316. gezeichneten Figur, welche die todte Linse in dem polarisirten Lichte darbietet. Sie verhält sich hierbei nicht als doppeltbrechender Körper, sondern wie ein Plattensatz (S. 227.), dem sie ihr geschichteter Bau gleichstellt.

3917 Die zuerst erwähnte Ansicht bedarf noch eines sichereren Beweises; die zweite erläutert nicht scharf, weshalb wir die Brechungskörper des Auges wie ein polarisirendes und ein analysirendes Prisma ansehen, weshalb vorzüglich die beiden Hälften der Linse in dieser Beziehung einander gegenüberstehen sollen. Die dritte Hypothese läßt noch vorläufig die Farben, die ein wesentliches Glied der Erscheinung darstellen, unerörtert.

3918 Optische Wirkungen der in der Nähe der Augen und der in seinem Innern befindlichen Leuchtkörper. — Liegt der Ausgangspunkt der Strahlen jenseit der Hauptbrennweite der Hornhaut, so werden sich die Verhältnisse der Brechung, wie es §. 3456. ff. dargestellt wird, gestalten. Die Vereinigungsweite kann dann vor die Netzhaut, wie bei zu fernen, auf sie, wie bei deutlich gesehenen, oder hinter sie, wie bei zu nahen Gegenständen fallen. Es werden aber hier convergente Strahlen den Glaskörper durchsetzen. Befindet sich der Leuchtpunkt in der Hauptbrennweite der Hornhaut, so verlaufen zwar die Strahlen parallel durch diese. Es kehrt aber die Convergenz für die übrigen Brechungskörper wieder.

3919 Versetzen wir den Leuchtkörper zwischen die Hauptbrennweite und die Oberfläche der Hornhaut, so durchdringen die Strahlen diesen ersten Ab-

---

[1]) Silbermann, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXX. Leipzig, 1847. 8 S. 393. fgg. u. 401 fgg.

[2]) Erlach, a. a. O. S. 335.

lenkungskörper in divergenter Richtung. Hat sich aber der Gegenstand, der das Licht liefert, nicht zu sehr von der Hauptbrennweite entfernt, so empfangen immer noch die hinteren Ablenkungsmassen des Auges convergente Strahlen. Diese vereinigen sich jedoch viel zu weit hinter der Netzhaut, als daß ein deutliches Bild wahrgenommen werden könnte. Nähert sich aber der Leuchtpunkt der Hornhaut, so stoßen wir auf eine Stelle, bei welcher der Glaskörper von parallelen Strahlen durchzogen wird. Vermindert sich der Abstand noch mehr, so dringt nur divergentes Licht durch alle Brechungskörper des Auges.

Denken wir uns, daß parallele Strahlen die Hornhaut des Aug- 3920
apfels der 50jährigen Frau (§. 3514.) durchsetzen und zur Vorderfläche Anhang Nr. 170. I.
des von Krause genauer gemessenen Auges hervortreten, so werden sie sich 28,6 Mm. vor diesem vereinigen. Sollen dagegen die Strahlen den Glaskörper in paralleler Richtung durchsetzen, so darf der Leuchtkörper, der die divergirenden Lichtbündel aussendet, nur 9,3 Mm. von dem vorderen Ende der inneren Sehachse entfernt liegen. Rückt er dem Auge noch näher, so empfängt die Netzhaut divergirende Lichtstrahlen. Stellen Anhang Nr. 170. II.
wir uns vor, er befinde sich auf der Oberfläche der Hornhaut, so fahren die Strahlen, die den Glaskörper durchdringen, so sehr aus einander, daß ihr gegenseitiger Durchschnittspunkt 13,4 Mm. vor der Tellergrube zu liegen käme, wenn der ganze Zwischenraum von der wässerigen Feuchtigkeit und der Krystallinse ausgefüllt wäre.

Halten wir uns an das eben angeführte Beispiel, so liefern Gegen- 3921
stände, die mehr als ein Centimeter vom Auge abstehen, Netzhautbilder, die nach Maaßgabe ihrer Entfernungen deutlicher oder undeutlicher ausfallen. Die Strahlen dagegen, welche 9,3 Mm. vor der Mitte der Hornhaut ausgehen, verlaufen parallel durch den Glaskörper. Sie bilden gewissermaßen die Grenze, bei welcher die Netzhautbilder aufhören. Gegenstände, die noch näher oder im Auge selbst liegen, führen der Netzhaut das von ihnen zurückgeworfene Licht in divergenten Strahlen zu. Sie erleuchten dann deren Oberfläche. Sind sie dagegen undurchsichtig, so rauben sie ihr einen Theil der Strahlen, die sie sonst von anderen Körpern empfangen würden. Es können so ihre Schatten die Formen, die ihnen zukommen, verrathen.

Das Beleuchtungsfeld der Netzhaut hängt von der Oberfläche des 3922
Sehloches, der Entfernung desselben von der Nervenhaut und den Brechungsverhältnissen eines jeden gegebenen Auges ab. Es wechselt daher mit der Zusammenziehung oder Erschlaffung der Regenbogenhaut und den hierdurch bedingten Veränderungen des Sehloches.

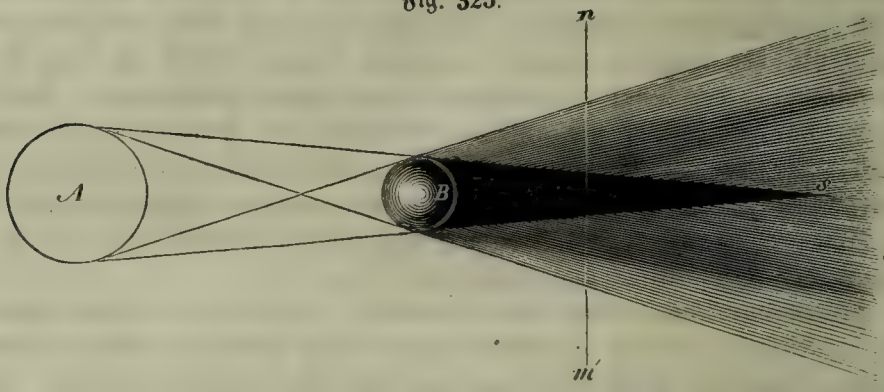
Die Natur hat möglichst kurzsichtige Brechungskörper des Auges her- 3923
gestellt, damit keine fremdartigen Schattenbilder das Sehen beeinträchtigen. Sie konnte aber dessenungeachtet nicht vermeiden, daß sich Blutgefäße und andere minder durchsichtige Gebilde vor dem Thätigkeitsfelde der Netzhaut ausbreiten. Leisere krankhafte Störungen führen schon häufig zu kleinen Trübungen oder zur Bildung undurchsichtigerer Körperchen, welche die Lichtstrahlen von einzelnen Punkten der Netzhaut abhalten. Ist das Auge

gesund, so bedarf es besonders günstiger Nebenverhältnisse, damit jene Theile mit gehöriger Deutlichkeit in dem subjectiven Gesichtsfelde zum Vorschein kommen. Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von Erscheinungen, die man mit dem Namen der Aderfigur, der fliegenden Mücken, der wandelnden Flecken u. dgl. bezeichnet.

Die erste ausführliche und gründliche Untersuchung dieser Gegenstände findet sich in J. Purkinje, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne oder Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht. Bd. I. Prag, 1819. 8. Zweite unveränderte Auflage. Prag, 1823. 8. Bd. II. Berlin, 1825. 8. Vergl. auch Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S. 138 — 156. und Derselbe in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. S. 253 fgg.

3924 Hält ein Körper *B*, Fig. 323., die von *A* kommenden Lichtstrahlen seiner Undurchsichtigkeit wegen auf, so unterscheidet man den dunkleren

Fig. 323.



Kernschatten *BS* und den helleren nach außen von ihm befindlichen Halbschatten. Bezeichnet *mn* die Wand, welche das Licht und den Schatten auffängt, so ergiebt sich aus der Zeichnung, daß sich der dunkle Kernschatten mit der Annäherung von *mn* vergrößert und mit der Entfernung der auffangenden Fläche verkleinert. Wir müssen daher schließen, daß sich fremdartige Körperchen unter sonst gleichen Verhältnissen um so eher in dem subjectiven Gesichtsfelde geltend machen, je näher sie der Oberfläche der Netzhaut selbst liegen.

3925 Die Schärfe, mit der sich Licht und Schatten unterscheiden, wächst mit der Stärke der Beleuchtung und der Undurchsichtigkeit der Masse, die dem ungehinderten Fortgange der Strahlen im Wege steht. Es erklärt sich hieraus das bald zu erwähnende Hauptverfahren, durch das man die Aderfigur des Auges mit größter Klarheit zum Vorschein bringen kann.

3926 Erblickt das Auge das Spiegelbild einer Thermometerkugel in so großer Nähe, daß die Strahlen den Glaskörper parallel oder divergent durchsetzen (§. 3920.), so erkennt es den Gegenstand selbst nicht mehr (§. 3919.). Es sieht vielmehr eine matte helle Scheibe als den Ausdruck der Erleuchtung des Gesichtsfeldes. Die Strahlen wirken aber ähnlich wie in dem vorigen Falle. Körperchen, die sonst unsichtbar sind, ver-

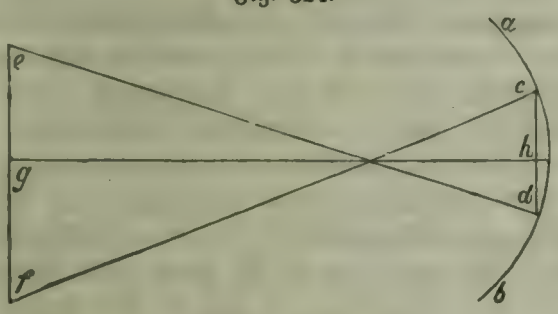
rathen sich durch ihre matten Schatten als grauweiße, subjective, verschieden beleuchtete Bilder.

Betrachtet man einen hellen Hintergrund durch eine sehr kleine Oeff- 3927
nung, so kann man ebenfalls viele sonst unsichtbare Körperchen in dem subjectiven Gesichtsfelde wahrnehmen. Schließt man das eine Auge in einem dunklen Zimmer und blickt nach einer mehrere Meter entfernten Kerzenflamme durch das Ocularstück eines Mikroskopes, so gelangt man zu dem gleichen Ziele [1]).

Wirft ein völlig undurchsichtiger Körper seinen Schatten auf die ganze 3928
empfindende Oberfläche der Netzhaut, so wird er das Sehen selbst unmöglich machen. Vollständige Trübungen der Hornhaut oder der Linse, Ausschwitzungen, welche die Pupille verdecken und andere ähnliche Ursachen führen auf diese Weise zu völliger Blindheit. Lassen die kranken Brechungskörper einen Theil der Lichtstrahlen hindurch, so erscheint Alles wie im Nebel. Gegenstände, die nicht stark leuchten, werden gar nicht wahrgenommen. Störende Massen der Art, die in den Brechungskörpern des Auges liegen, müssen unter sonst gleichen Verhältnissen um so nachtheiliger wirken, je näher sie dem gelben Flecke zu stehen kommen.

Erblicken wir ein Gebilde, welches das Licht vollständig oder unvoll- 3929
kommen abhält, in dem subjectiven Gesichtsfelde, so versetzen wir es nach außen. Nehmen wir an, *ab*, Fig. 324., sei die Netzhaut, *cd* das Schattenbild, das auf eine der früher erwähnten Arten erzeugt wird, so kommt es uns vor, als liege es in *ef* näher oder entfernter von der Oberfläche des Augapfels. Man sieht, daß sich die subjective Gesichtswahrnehmung *ef* vergrößert darstellt. Ihr Umfang nimmt um so mehr zu, je weiter sie von dem Auge verlegt wird. Wir erblicken daher alle diese Erscheinungen wie durch ein Mikroskop. Der untere Punkt *d* zeigt sich zugleich oben in *e* und der obere *c* unten in *f*.

Fig. 324.



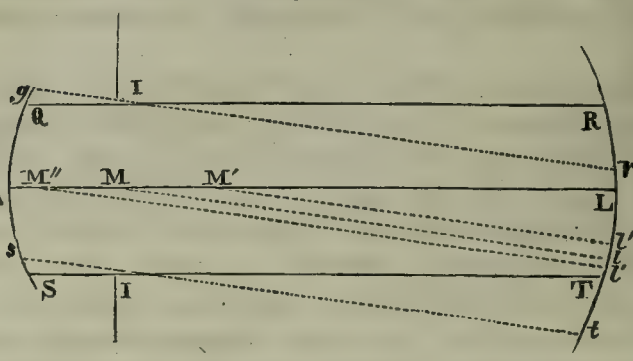
Die Körperchen, die sich in dem subjectiven Gesichtsfelde durch ihre 3930
Schatten verrathen, können ihren Ort unverändert behaupten oder von Stelle zu Stelle weiter wandern. Wir müssen aber hier ihre wahren von ihren scheinbaren Bewegungen unterscheiden. Denken wir uns, das Auge sei vollkommen ruhig und ein Thränentropfen gleite an der Oberfläche der Hornhaut dahin, so wird auch sein Scheinbild fortrücken. Behauptet das Körperchen seine einmal angenommene Stelle, so wird es den Bewegun-

[1]) A. Burckhardt, Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. VII. Basel, 1847. 8. S. 98.

gen des Auges folgen. Sind wir uns dieser nicht bewußt, so glauben wir leicht, daß jenes Schattenbild selbständig fortschreitet.

3931 Befinden sich mehrere Trübungskörperchen hinter einander, so werden ihre Wirkungen mit den Verhältnissen der Beleuchtung wechseln [1]). Nehmen wir an, M'', M und M', Fig. 325., seien drei solche gleich große Gebilde, die in der Achse AL hinter einander liegen, so werfen sie nur einen Hauptschatten, so wie das einfallende Licht AL parallel ist oder in QR und ST die Weite des Sehloches durchdringt und das Netzhautfeld RT erleuchtet. Der gemeinschaftliche dunkle Fleck fällt dann auf den Achsenpunkt L. Gehen dagegen die Beleuchtungsstrahlen in qr und st dahin, so giebt M den Schatten l, M' l' und M'' l''. Man sieht leicht, daß die Drehungen des Augapfels Scheinbewegungen auf diesem Wege veranlassen können. Es versteht sich übrigens von selbst, daß diese durch die subjective Versetzung nach außen vergrößert werden.

Fig. 325.



3932 Es läßt sich mit Recht annehmen, daß die Interferenzverhältnisse, welche die Schatten aller Körper darbieten (§. 3363.), bei den hier betrachteten Erscheinungen wiederkehren. Die bis jetzt angestellten Untersuchungen haben diesen Punkt weniger, als er es verdient, berücksichtigt.

3933 Perlkörper und Perlenschnüre. — Gehen wir zu den vorzüglichsten hier in Betracht kommenden Thatsachen über, so ereignet es sich nicht selten, daß wir die vergrößerten Schattenbilder der Augenwimpern in unserem Gesichtsfelde erblicken. Forscher, die häufig durch Mikroskope oder Fernröhre sehen, machen oft diese Erfahrung, so wie sie ihre Augendeckel schnell zusammenschlagen. Herabrinnende Thränenbäche oder aufsteigende Luftbläschen verrathen sich ebenfalls in vielen Fällen durch subjective Schattenbilder. Fig. 326. Nr. 2. kann uns eine ungefähre Vorstellung liefern, wie sie sich unter diesen Verhältnissen darzustellen pflegen.

Läßt man die Strahlen des Spiegelbildes einer Thermometerkugel parallel oder divergent durch den Glaskörper treten (§. 3920.), betrachtet man anhaltend einen weißen Hintergrund mit unbedecktem Auge oder noch besser durch eine sehr kleine Oeffnung oder eine feine Spalte, sieht man eine Zeit lang mit Anstrengung durch ein Mikroskop, so erblickt man fadig aufgereihete Kugeln, wie sie Fig. 326. und 327. andeuten. Verstärkt sich die Gesichtserscheinung, so vermehrt sich die Zahl jener Fäden.

---

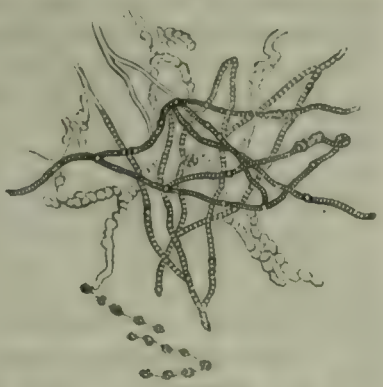
[1]) J. B. Listing, Beitrag zur physiologischen Optik. Göttingen, 1845. 8 S. 42. Ruete, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abtheil. II. Seite 259. 260.

Sie durchkreuzen sich nicht selten in mannichfachen Richtungen, wie es Fig. 328. klar zu machen sucht. Manche Menschen sehen noch einzelne

Fig. 326.

Fig. 327.

Fig. 328.



dunkle Ringe, die von hellen, oder helle, die von dunklen Säumen umgeben werden, breitere lichte oder schattige Streifen, die gerade oder gebogen verlaufen, weiße und graue Schattirungen, die sich bald über das ganze Gesichtsfeld verbreiten, bald dagegen auf einzelne Stellen desselben beschränken. Es kommt auch vor, daß hierbei Strahlenbildungen, deren Formen an die Faserwirbel der Krystalllinse in hohem Grade erinnern, auftreten. Man bemerkt nicht selten eine Körnchenmosaik, wie sie die Körnchenschicht der Netzhaut und die von der Fläche betrachteten Endtheile der Jacob'schen Haut bei der mikroskopischen Untersuchung von der Vogelperspective aus darbieten.

Ueber diese Erscheinungen s. P. Prevost, in den Mémoires de la société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. Tome V. 1832. 4. p. 243 — 256. Pelet, in den Annales de Chimie et Physique. Tome LIV. Paris, 1833. 8. p. 379 — 383. Aimé, Ebendaselbst. Tome LVI. 1834. 8. p. 110. Ruete, Klinische Beiträge. Heft I. Braunschweig, 1843. 8. S. 275. Derselbe, in s. Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig, 1845. 8. S. 145 fgg. und in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. Braunschweig, 1847. 8. S. 254. W. Mackenzie, in The Edinburgh Med. and Surgical Journal. 1845. p. 38 — 97. Die Art und Weise, wie sich diese Anschauungen in einer Reihe verschiedener Menschen darstellten, findet sich durch Wort und Zeichnung erläutert in J. B. Listing, Beitrag zur physiologischen Optik. Göttingen, 1845. 8. S. 48 fgg. Fig. 14 — 43.

Betrachte ich den Himmel durch eine feine Oeffnung, vor der ein Nicol'sches Prisma liegt, bis die Körnchenmosaik, die verschlungenen Fäden und die Perlflecken zum Vorschein kommen, so ändert sich das Ganze nicht, sobald ich das Kalkspathprisma entferne. Es gewinnt höchstens an Helligkeit und Deutlichkeit. Stelle ich den Versuch umgekehrt an, so erhalte ich das gleiche Ergebniß. Die Erscheinungen kehren also in derselben Art bei polarisirtem wie bei gewöhnlichem Lichte wieder.

Es ist noch nicht möglich, die Gebilde, von denen diese Anschauungen herrühren, mit Sicherheit anzugeben. Man hat sie den Zellen der Morgagni'schen Feuchtigkeit, der Körnchenschicht der Netzhaut, dem an der Innenfläche von dieser ausgebreiteten Pflasterepithelium, oder der Spiegelung der Stäbchen der Jacob'schen Haut zugeschrieben. Diese Gewebtheile können zwar runde Bilder erzeugen; es ist jedoch noch nicht klar, wie durch sie die fadigen Kugelreihen, die vielleicht eher auf Furchen der Centralfalten zu beziehen sind, entstehen sollten. Die Annahme von Donné, daß die gesunde wässerige Feuchtigkeit Körperchen enthalte, oder die von Brewster, daß Fadengebilde in dem Innern des Glaskörpers vorkommen, hat sich durch die fortgesetzten mikroskopischen Untersuchungen noch nicht bestätigt. Man darf übrigens bei solchen Vermuthungen nicht

außer Acht lassen, daß die Fäden in der Regel in mehreren hinter einander liegenden Ebenen gesehen werden.

Es versteht sich von selbst, daß organische Molecüle, die in den Brechungskörpern des Auges krankhafter Weise abgelagert sind, Eingeweidewürmer, die in der vorderen Augenkammer oder innerhalb der Linsenkapsel nisten [1]), Kalkkörnchen, Trübungen und fremdartige Ausschwitzungen, welche die Hornhaut, die Linsenkapsel, die Linse oder den Glaskörper ergriffen haben, Schattenflecke, die sich wahrhaft oder scheinbar bewegen, erzeugen können. Eben so müssen sich theilweise Lähmungen der Netzhaut durch bestimmte Lücken des Sehfeldes zu erkennen geben. Diese Störungen machen sich nur dann in auffallenderem Maaße geltend, wenn sie in dem gelben Flecke oder in dessen Nähe liegen. Der Mariotte'sche Versuch (§. 3736.) führt erst jedem Menschen zur Anschauung, daß ein Theil seines indirecten Sehfeldes blind ist.

Man bezeichnet oft diese krankhaften Erscheinungen mit dem Namen der fliegenden Mücken (Mouches volantes) oder der Skotome, unterscheidet sich jedoch nicht scharf genug von den früher erwähnten Bildern, die auch jeder Gesunde sieht und die nur unter krankhaften Verhältnissen durch ihre Stärke und ihre Hartnäckigkeit belästigen.

3934 . **Licht-Schattenfigur.** — Blickt man mit geschlossenen Lidern nach der Sonne oder mit geöffneten nach dem grauen Wolkenhimmel und fährt vor ihnen mit ausgespreizten Fingern hin und her, so bemerken manche Menschen einen schwarzen, quer ovalen Fleck, der von einem hellen Saume umgeben wird. Man sieht bald darauf dunkle und helle musivische Felder. Einzelne Personen erkennen dann regelmäßige Schneckenlinien, Achtecke, Rautenfiguren oder vieleckige Netze, während Andere diese verwickelteren Formen nicht wahrnehmen.

Abbildungen der Licht-Schattenfigur, wie sie sich in verschiedenen Menschen darstellt, finden sich bei Purkinje, a. a. O. Bd. I. Taf. I. Fig. 1 — 4. Vergl. auch Mary Griffiths in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1832. August. p. 89 — 92. Brewster, Ebendaselbst. April, p. 241 — 245.

3935 **Aderfigur.** — Schließt man ein Auge, starrt mit dem anderen in's Finstere und führt eine brennende Kerze so nahe als möglich vor der Hornhaut hin und her, so erblickt man nach einiger Zeit eine reichhaltige Verzweigung schwarzer Gefäße auf matterhelltem Grunde. Die Zahl derselben vergrößert sich, je länger man den Versuch fortsetzt. Ihre allgemeine Form erinnert sogleich an die Centralgefäße, die sich auf der inneren Oberfläche der Netzhaut verbreiten [2]). Es versteht sich aber von selbst, daß die einzelnen Gestalten nach Maaßgabe der Personen wechseln können. Mein früherer Zeichner sah sie so, wie sie Fig. 329. darstellt; Ruete in der Art, wie sie in Fig. 282. (§. 3758.) abgebildet worden. Es kam mir unter einer größeren Reihe von Personen zwei Mal vor, daß sie mehrere Hauptgefäßstämme statt eines ein-

Fig. 329.

[1]) Nordmann u. Mayer in Froriep's neuen Notizen. Nr. 631. Weimar, 1844. 4. S. 230.
[2]) Vgl. Fr. Arnold, Tabulae anatomicae. Fasc. II. Tab. III. Fig. 5 et 6.

zigen erblickten. Empfindlichere Augen bemerken noch einen hellen Kreis *c*, der seiner Lage nach auf die Eintrittsstelle des Sehnerven, und einen zweiten *d*, der auf die Vertiefung des gelben Fleckes bezogen werden muß.

Man kann sich auch einen großen Theil dieser Gefäßausbreitungen zur Anschauung bringen, wenn man durch eine nicht sehr große Oeffnung eines Papiers gegen den grauen Himmel blickt und jene hin- und herbewegt. Die einzelnen Zweige erscheinen jedoch dann matter, als bei dem oben angegebenen Verfahren. Die Aderfigur zeigt sich bisweilen, so wie man die Licht-Schattenfigur hervorzubringen sucht. Sind wir heftig gelaufen, haben wir uns sonst erhitzt, tauchen wir plötzlich unter Wasser, so ereignet es sich manches Mal, daß wir einzelne Bruchstücke jener Gefäßverzweigungen nach heftigeren Augenbewegungen wahrnehmen. Die überfüllten Blutgefäße drücken dann vermuthlich auf die Netzhaut. Man bemerkt endlich nicht selten zahlreiche helle baumartige Verästelungen, die vielleicht ebenfalls hierher gehören, bei angestrengtem Nahesehen.

Man hat noch eine Reihe anderer Erscheinungen dahin gedeutet, daß 3936
in ihnen der Blutlauf des Auges unmittelbar wahrgenommen werde. Es läßt sich jedoch die Richtigkeit dieser Auffassung, wenigstens für die meisten der hierher gerechneten Fälle bezweifeln.

Ist ein Mensch z. B. durch den Genuß von Wein in hohem Grade 3937
aufgeregt, so sieht er bisweilen ein allgemeines Klopfen oder Zittern, das auf die Bewegung des Blutes der Schlagadern bezogen werden kann. Es erzeugen sich nicht selten einzelne aufspringende Lichtpunkte, die eine Strecke weit hingehen und bald wiederum verschwinden. Hat man den Kopf eine Zeit lang abwärts gehalten, hebt ihn dann plötzlich und springt mehrere Male mit geschlossenen Augenlidern in die Höhe, so zeigen sich nicht selten einzelne solcher Lichtpunkte, die eine Strecke weit fortgehen. Man bemerkt sie auch oft bei dem fortgesetzten Anstarren einer weißen Fläche oder bei dem angestrengten Durchblicken durch ein doppelt brechendes Prisma.

Habe ich mich durch rasches Gehen aufgeregt, lehne mich dann in 3938
einem Stuhle schief zurück, wende die geschlossenen Augen gegen den wolkigen Himmel oder die Decke eines mäßig erleuchteten Zimmers und drücke leise mit den Zeigefingern auf die Augenlider, so nehme ich ein deutliches Klopfen, das mit meinem Pulse übereinstimmt, in dem rothen Gesichtsfelde wahr. Hat man ein weißes, dem Auge möglichst nahe gehaltenes Blatt für einige Zeit starr angesehen, so bemerken manche Menschen einen weißen durchsichtigen Kreis, der von einem bräunlichen halbdurchsichtigen Ringe umgeben wird. Man erblickt bisweilen zwei Doppellinien, in denen Reihen von Kügelchen in entgegengesetzten Richtungen fortgehen, zu beiden Seiten der hellen Scheibe [1]). Habe ich eine Kerzenflamme eine Zeit lang betrachtet, so stellen sich ähnliche Bilder in Ausnahmsfällen ein.

Schattenfeld. — Schließt man die Augen und starrt gerade vor 3939
sich hin, so erscheint eine dunkle Fläche, die man in der Mitte am deutlichsten auffaßt, die hingegen nach außen hin immer mehr an Klarheit

[1]) Purkinje, a. a. O. Bd. I. S. 127.

verliert. Sie liegt in einem gewissen Abstande von beiden Augen. Sucht man sie schärfer zu beobachten, so findet man, daß sie eine runde bis querovale Gestalt besitzt und den willkürlichen Bewegungen, nicht aber den künstlichen Verschiebungen der Augäpfel zu folgen scheint. Ein Lichtschimmer durchzieht bisweilen das Ganze. Einzelne Nebelstreifen oder hellere Punkte kommen bei längerer Betrachtung zum Vorschein [1]).

3940 **Druckfigur.** — Wendet man das Auge bei geschlossenen Lidern rasch nach außen, so sieht man manches Mal einen feurigen Ring, der anhaltend zu flimmern und seiner Lage nach der Eintrittsstelle des Sehnerven zu entsprechen scheint. Wälzen sich beide Augäpfel, so ereignet es sich auch, daß man das Lichtbild doppelt bemerkt. Diese Versuche gelingen am leichtesten unmittelbar nach dem Erwachen, weil dann die Netzhaut die größte Empfänglichkeit besitzt. Einzelne Lichtstreifen kommen fast zu allen Tageszeiten zum Vorschein.

3941 Drückt man den einen Augapfel bei geschlossenen Lidern, so bemerkt man zuerst eine ringartige Gestalt, mit der allmälig musivische, rautenartig angeordnete, helle und zum Theil farbige Anschauungen wechseln. Es treten auch bisweilen Strahlen, die an die Furchen der Centralfalte erinnern, hervor [2]). Ich sehe diese häufig in gelben und rothen Farben, während helle, leuchtende Punkte in dem übrigen Gesichtsfelde fortwährend auftauchen. Deutliche Blendungsbilder zeigen sich nicht selten in dem Augenblicke, in dem der Druck aufhört. Die Druckfigur wechselt übrigens in hohem Maaße mit der Verschiedenheit der Personen, dem Grade und der Dauer der Einwirkung.

3942 **Galvanische Lichterscheinungen.** — Leitet man einen galvanischen Strom durch die Nachbartheile der Augenhöhle, so daß er die Netzhaut und den Sehnerven durchstreicht, so bemerkt ein hinreichend empfängliches Auge im Finstern eine Reihe entsprechender subjectiver Lichtempfindungen. Legt man einen Zink- und einen Kupferstreifen an verschiedene Stellen der Mundhöhle und schließt die Kette, so sieht man im Dunkeln in demselben Augenblicke einen feurigen Schein, der wiederum nach außen versetzt wird.

3943 Bringt man den Zinkpol einer aus einer Reihe von Platten bestehenden galvanischen Säule an den Augapfel, und den Kupferpol an einen Theil des Mundes, so zeigt sich bei dem Schlusse der Kette eine lichte, hellviolette Scheibe an der Stelle des Gesichtsfeldes, die dem Markhügel des Sehnerven entspricht und ein dunkler, rautenförmiger, von einem gelblichen Lichtbande umgebener Fleck in der geradlinigen Verlängerung der Augenachse. Es folgt auf ihn ein dunkler Zwischenraum, dann ein schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband und endlich nach außen ein schwacher lichtvioletter Schein, der bei dem Rollen der Augen an einzelnen

---

[1]) Purkinje, a. a. O. S. 57. Volkmann, in Müller's Archiv. 1839. S. 234.

[2]) Purkinje, a. a. O. Bd. I. S. 22 fgg. Brewster, in The London and Edinburgh philosophical Magazine. London, 1832. 8. Aug. p. 89 — 92. Quetelet, in den Annales de Chimie et de Physique. Vol. LIV. Paris, 1833. 8. pag. 94. — Ruete, Lehrbuch der Opthalmologie. S. 70.

Stellen heller wird. Die Farben, die Licht- und die Schattenflächen kehren sich bei dem Oeffnen der Kette oder bei der entgegengesetzten Anlagerung der Poldrähte um. Alle diese Erscheinungen treten während des Schlusses der Kette am schwächsten hervor[1]). Das §. 3940. erwähnte Flimmern der Bilder kann auch hier wiederkehren.

Hören.

Soll ein objectives Geräusch vernommen werden, so müssen sich die 3944
Schallwellen bis zu dem Hörnerven fortpflanzen. Sie verbreiten sich hierbei in einer gewissen Raumausdehnung und durchdringen in jedem Falle die festen, mit Flüssigkeiten getränkten und die vollkommen flüssigen Theile der Gehörwerkzeuge. Sie durchlaufen überdies meistentheils die dichten, flüssigen oder gasförmigen Zwischenkörper, welche die schwingende Masse von dem Sinnesorgane zu trennen pflegen. Diese Fortpflanzung der Schallwellen führt zu einer Reihe von Veränderungen, deren Gesetze wir vor Allem kennen lernen müssen.

Manche Thatsachen, denen wir auf diesem Gebiete begegnen, erinnern 3945
an die schon früher erläuterten Verhältnisse des Lichtes. Die Stärke des Schalles sinkt in demselben Mittel mit dem Quadrate der Entfernung (§. 3357.). Begegnen die Wellen einer fremdartigen Masse, so werden sie theilweise zurückgeworfen. Der Einfallswinkel des Schallstrahles gleicht auch hier dem Reflexionswinkel und beide Leitlinien befinden sich in einer und derselben Ebene. Das Echo verdankt seine Entstehung diesem Gesetze. Wir werden in der Folge finden, daß sich dieselbe Norm in manchen Theilen der Gehörwerkzeuge und in einzelnen künstlichen Vorrichtungen, die das Hören unterstützen, geltend macht.

Dringen die Schallwellen in einem zweiten Mittel weiter vor, so 3946
verlieren sie hierdurch einen Theil ihrer Stärke. Die Stöße, die ursprünglich in der Luft selbst angeregt werden, pflanzen sich daher in dieser am unversehrtesten fort. Müssen dagegen die Schwingungen fester oder flüssiger Körper in die Atmosphäre übertreten, so werden sie schon durch diesen Umstand geschwächt. Die Erschütterungen der Luft theilen sich umgekehrt nur mit größerem oder geringerem Verluste festen oder flüssigen Massen, denen sie auf ihrem Wege begegnen, mit.

Man hört die Wellen schwingender Körper verhältnißmäßig am deut- 3947
lichsten, wenn sie durch gleichartige Zwischensubstanzen zum Ohre gelangen. Die wiederholten Uebergänge in verschiedene Mittelkörper dagegen schaden der Auffassung. Eine Reihe einfacher Erfahrungen kann uns diese Verhältnisse klar machen.

Klopft ein Mensch so leise an das eine Ende eines Tisches, daß es 3948
ein Zweiter, der sich an dem anderen Ende befindet, nicht mehr hört, so

[1]) Siehe Purkinje, a. a. O. Bd. I. S. 50 — 57. Bd. II. S. 31 — 50. Ruete, Lehrbuch der Ophthalmologie. S. 72. 73.

vermag dieser den Schall eher aufzufassen, wenn er sein Ohr an das Holz des Tisches selbst andrückt. Verstopft man sich den äußeren Gehörgang mit Baumwolle oder mit gekautem Papier, so vernimmt man das Pochen an einer Wand um Vieles deutlicher, so wie man diese und die in dem Gehörgange befindliche feste Masse mittelst eines Stabes wechselseitig verbindet.

Läßt man eine kleine Porcellanschaale auf dem Wasser eines Beckens schwimmen und schaltet eine Glasröhre zwischen dem verstopften Ohre und der Flüssigkeit ein, so hört man den Klang eines in die Schaale fallenden Geldstückes um Vieles besser, als wenn nur die Luft das Zwischenmittel abgiebt [1]). Legt man dagegen das Ohr auf die Wasserfläche, so gestalten sich die Bedingungen ungünstiger. Enthält der äußere Gehörgang größere Luftmengen, so kann sogar jede merkliche Verschiedenheit von den gewöhnlichen Verhältnissen hinwegfallen.

3949 Taucht ein Mensch frei in Wasser unter, so entgehen ihm alle nicht zu starken Geräusche, die zunächst in der Luft fortgepflanzt werden. Er vernimmt zwar kräftigere Tönungen der Art, wie den Knall einer losgeschossenen Pistole. Sie erscheinen ihm aber schwächer und lautloser. Die Eindrücke dagegen, welche die Schwingungen fester, unter Wasser befindlicher Körper erregen, verrathen sich mit vielem Nachdruck. Die Stöße, welche die Flüssigkeit durchsetzen, werden überdies von benachbarten dichten Massen in großer Vollkommenheit aufgenommen.

3950 Schallwellen, die in dem Wasser fortgehen, treten leichter in die Luft, als Erschütterungen der Atmosphäre in die Flüssigkeit über. Die Taucher pflegen nichts von dem, was sich an der Oberfläche des Wassers ereignet, zu hören. Das Anschlagen an eine Taucherglocke dagegen, die mehr als 10 Meter versenkt ist, wird außerhalb des Wassers deutlich wahrgenommen. In ihr selbst erregte Luftwellen verstärken sich in beträchtlichem Maaße. Eine angeblasene Pfeife giebt dann ausnehmend kräftige Töne [2]).

3951 Faßt man eine Uhr mit den Zähnen oder verbindet man sie durch einen festen Stab mit dem verstopften Gehörgange, so vernimmt man ihren Schlag sehr deutlich. Er hat dann zugleich einen anderen Klang, als wenn sich die Uhr in der Luft dicht vor dem Ohre befindet. Umwickelt man sie mit mehreren Schichten von Leinwand oder stürzt man ein Reihe von Glasglocken über einen Wecker, so wird die Tönung in hohem Grade geschwächt.

3952 Dünne elastische Häute, die mit Leichtigkeit in Schwingungen gerathen, können die Uebertragung der Schallwellen in ein fremdartiges Mittel begünstigen. Tauchte Joh. Müller [3]) das untere Ende einer Pfeife, die mit keinen Seitenlöchern versehen war, in Wasser, so hörte er den Ton, den sie bei dem Anblasen erzeugte, schwach, so wie er den im Ohre

---

[1]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Coblenz, 1838. 8. S. 420.
[2]) C. Poor, Theoria sensuam. Pestini, 1786. 8. p. 273.
[3]) Joh. Müller a. a. O. S. 420.

befindlichen Stopfen und die Flüssigkeit mittelst einer Glasröhre verband. War dagegen die untere Pfeifenöffnung mit einem Stücke Blase geschlossen, so stellten sich die tiefsten und mittleren Töne kräftig und klangvoll dar. Führte man dann die Röhre in der Flüssigkeit herum, so schwoll die Tönung, so wie man sich der Verschließungshaut annäherte. Hohe Töne verstärkten sich unter diesen Verhältnissen gar nicht oder nur in unbedeutendem Maaße.

Obgleich sich die Schallwellen eines festen Körpers, der an eine Flüs- 3953
sigkeit grenzt, dieser nachdrücklich mittheilen, so kann doch noch die Beihilfe einer elastischen Haut, welche die dichte Masse umringt, die Uebertragung erleichtern [1]). Eine gespannte Membran, die durch Luftwellen in Schwingung versetzt wird, pflanzt diese mit vieler Kraft auf feste benachbarte Körper fort. Diese Erscheinungen können zum Theil die Ursachen, weshalb die Natur mehrere dünne, häutige Gebilde, wie das Trommelfell, die Haut des eiförmigen und des runden Fensters in unserem Gehörorgane angebracht hat, andeuten.

Feste Körper, die eine flüssige Masse begrenzen, werfen die Wellen 3954
von dieser theilweise zurück. Sie gerathen zugleich in eine verhältnißmäßig lebhafte Erschütterung und bedingen eine Resonanz in die Flüssigkeit, so daß der Ton in ihrer Nachbarschaft an Kraft in merklichem Grade gewinnt. Luftmassen, die von häutigen Säcken umschlossen werden, können ebenfalls die Schwingungen, die von benachbarten festen oder flüssigen Körpern ausgehen, verstärken. Die Schwimmblase der Fische ist auf diese Weise in den Stand gesetzt, die Rolle eines Resonanzwerkzeuges zu übernehmen [2]).

Die Stärke eines fortgepflanzten Schalles steht unter sonst gleichen Bedingungen in einem bestimmten Verhältnisse zur Dichtigkeit des Mittels, in dem sich die Wellen weiter verbreiten. Da nun die Atmosphäre das gewöhnliche Zwischenglied für das Hören des Menschen und der auf dem Lande lebenden Thiere bildet, so wird auch die Wahrnehmbarkeit von den Zuständen der Luft theilweise bedingt. Man kann sie daher durch künstliche Verdünnung der Atmosphäre schwächen und durch Verdichtung derselben verstärken. Die scheinbare Schwerhörigkeit, der man in höheren Berggegenden begegnet (Bd. I. §. 167.), erklärt sich aus den gleichen Verhältnissen.

Wie die Optik des Auges den Gang der Lichtstrahlen von der Horn- 3955
haut zur Netzhaut verfolgen muß, so hat die Physiologie des Ohres vor Allem nachzuweisen, welche Veränderungen die Schallwellen in dem Inneren der Gehörwerkzeuge erleiden. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, die Fragen, die sich hierbei aufdrängen, mit der nöthigen Schärfe festzustellen und auch nur annähernd zu beantworten. Man kann höchstens nachweisen, daß einzelne Schwierigkeiten, auf welche die Uebertragung der Schallwellen sonst stoßen würde, durch besondere Nebeneinrichtungen vermindert wurden. Es läßt sich zeigen, daß geeignete Resonanzverhältnisse

[1]) Joh. Müller, a. a. O. S. 428.
[2]) Joh. Müller, a. a. O. S. 423. 424.

die Tönung verstärken. Man ist aber nicht im Stande, die Mannichfaltigkeit der Stücke, aus denen das Gehörorgan besteht, hinreichend zu erklären. Man weiß nicht, wie sich die verschiedenen Wellenzüge, welche das Innere des Ohres gleichzeitig durchsetzen, unter einander verhalten, welchen Einfluß die Stoffe, aus denen die einzelnen Gebilde bestehen, auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Töne ausüben, ob das, was wir den Klang nennen, theilweise von ihnen bestimmt wird oder nicht.

3956 Die Kleinheit und die verborgene Lage der einzelnen Stücke der Gehörwerkzeuge, die unbestimmten Aufschlüsse, welche die an Thieren angestellten Beobachtungen geben können, mußten die meisten Versuche, die man an lebenden Geschöpfen machen wollte, vereiteln. Bemüht man sich, die Einrichtung des inneren Ohres in künstlichen Vorrichtungen wiederzugeben, so kann man die Formen nur in sehr entfernter Weise nachahmen. Man ist überdies genöthigt, fremdartige Massen zu diesen Bemühungen zu benutzen. Akustische Untersuchungen, die man mit solchen Apparaten anstellt, können daher nur die allgemeinsten Verhältnisse im günstigsten Falle darlegen.

3957 Die Entwickelungsstufe der Akustik vermehrt endlich noch die Schwierigkeiten. Die Theorie der Schallverhältnisse ist nicht so weit vorgerückt, daß sich durch sie allein wesentliche Aufschlüsse über die Bestimmung der einzelnen Theile der Gehörwerkzeuge gewinnen ließen. Die musikalischen Instrumente liefern fast gar keine Fingerzeige für die Deutung der so sonderbar geformten Gebilde, die wir in dem Ohre des Menschen und der Thiere antreffen.

3958 Aeußeres Ohr. — Man kann den Nutzen desselben unter dreierlei Gesichtspunkten auffassen. Die Schallwellen, welche die Ohrmuschel treffen, werden von dieser in den äußeren Gehörgang zurückgeworfen. Die aufnehmende Oberfläche vergrößert sich hierdurch in zweckmäßiger Weise. Die Tönung vermag sich überdies wie in einem Hörrohre zu verstärken. Es ist endlich möglich, daß sich die Schwingungen der Luft, des Wassers oder der festen Körper, die unmittelbar an die Ohrmuschel stoßen, dieser mittheilen und rasch und kräftig in den Nachbargebilden derselben weiter geführt werden.

3959 Mangeln auch die Erhabenheiten und Vertiefungen, denen das menschliche Ohr seine eigenthümliche Form verdankt, oder fehlt dieses gänzlich, so kann doch noch das Gehör einen nicht unbedeutenden Grad von Schärfe beibehalten. Manche Forscher behaupten sogar, daß die Wahrnehmung der Töne durch jene Mißbildung gar nicht leidet [1]). Wir können hieraus jedenfalls schließen, daß die Ohrmuschel die Auffassung des Schalles nur begünstigt, nicht aber wesentlich bestimmen hilft.

3960 Boerhave glaubte gefunden zu haben, daß die Schallwellen, die irgend einen Punkt des Ohres treffen, dem äußeren Gehörgange nach einfacher oder mehrfacher Zurückwerfung zugeführt werden. Eine genauere

[1]) C. G. Lincke, Handbuch der theoretischen und praktischen Ohrenheilkunde. Bd. I. Leipzig, 1837. 8. S. 442.

Betrachtung der Gestalt des menschlichen Ohres nöthigt aber schon die Allgemeinheit dieses Ausspruches zu bezweifeln. Paßt auch die Annahme auf die Muschel und deren nächste Umgebung, so läßt sie sich doch kaum auf die übrigen Theile des äußeren Ohres übertragen. Die Erfahrungen von Esser[1]) bestätigen diese Anschauungsweise. Bildete er sich ein wohlgeformtes Ohr in Wachs nach, leitete dann beliebige Linien von Schallstrahlen auf die Oberfläche desselben und bestimmte die Bahnen, in denen sie zurückgeworfen werden müßten, so fand sich, daß viele von ihnen den äußeren Gehörgang nicht trafen. Es läßt sich daher die eigenthümliche Gestalt des menschlichen Ohres auf diesem Wege nicht erklären.

Die Ansicht, daß es gleich einem Hörrohre wirke und die Tönung 3961
nicht bloß auf dem Wege der Zurückwerfung, sondern durch die eigenthümlichen Schwingungen der festen Wände und die Resonanz des eingeschlossenen Luftraumes verstärke, kann eben so wenig von den besonderen Formen des Menschenohres Rechenschaft geben. Das tütenförmige Ohr vieler Säugethiere wird diesen Zweck vollständiger, als das vielgestaltete flache Ohr des Menschen erfüllen.

Manche Forscher, wie Savart[2]) und Joh. Müller[3]), suchten den 3962
Hauptnutzen der Unebenheiten, die unser äußeres Gehörwerkzeug besitzt, in den Verhältnissen der Erschütterung, die sich in seiner eigenen Masse fortpflanzen. Diese wird diejenigen Schallstrahlen, welche sie in senkrechter Richtung treffen, am kräftigsten aufnehmen. Ist aber das äußere Ohr mit einer großen Menge von Erhöhungen und Furchen, die allmälig in einander übergehen, ausgestattet, so wird die Möglichkeit der senkrechten Berührung um so eher gesichert. Die auf solche Weise begünstigten Stöße pflanzen sich dann mit mehr Kraft zu dem äußeren Gehörgange und zu den Nachbargebilden desselben fort.

Füllt man die Vertiefungen des äußeren Ohres mit einer weichen 3963
Masse aus und läßt nur die Oeffnung des äußeren Gehörganges frei, so vermindert sich die Schärfe der Gehörempfindung. Der Mensch faßt aber die Töne eben so rein, als unter gewöhnlichen Verhältnissen auf[4]).

Es läßt sich erwarten, daß die Art und Weise, wie das äußere Ohr 3964
gegen den Gehörgang geneigt ist, einen Einfluß auf das Hören selbst ausüben muß. Dieser Umstand kann die zweckmäßige Fortleitung der Schallwellen bestimmen helfen und manche Mißverhältnisse, die in dem Bau der übrigen Theile des äußeren Ohres begründet sind, beseitigen.

Buchanan[5]) nimmt an, daß ein Anheftungswinkel von 25 bis 45°, 3965
der sich mit einer breiten und tiefen Ohrmuschel, einem stark überhängenden oberen Theile der Leiste und einem nicht sehr hervorgetriebenen Kahne verbindet, die verhältnißmäßig günstigsten Bedingungen liefert. Eine Nei-

---

[1]) Esser, in den Annales des sciences naturelles. Tome XXVI. Paris, 1832. 8. p. 8.
[2]) Savart, in den Annales de Chimie et Physique. Vol. XXVI. Paris, 1824. 8. p. 29.
[3]) Joh. Müller, a. a. O. S. 453.
[4]) Esser, a. a. O. p. 7.
[5]) Buchanan, in Lincke's Sammlung auserlesener Abhandlungen und Beobachtungen aus dem Gebiete der Ohrenheilkunde. Heft 3. Leipzig, 1836. 8. S. 147.

gung von 40° kann die Nachtheile einer flachen Muschel und eine größere Tiefe von dieser einen zu geringen Ansatzwinkel ausgleichen. Sinkt er auf 15°, während das äußere Ohr ungünstige Formverhältnisse darbietet, so pflegen vorzüglich Personen mittleren Alters die Schallwellen mit geringerer Schärfe aufzufassen.

Buchanan [1]) erzählt einen Krankheitsfall, der für seine Angaben zu sprechen scheint. Das eine Ohr eines Mannes, das zum größten Theile durch eine Verletzung abgerissen worden war, heilte vollständig unter einem Winkel von 45° an. Der Mensch hörte mit diesem Ohre schärfer, als mit dem anderen, das nur eine Neigung von 10° besaß. Aeltere Forscher [2]) haben schon darauf aufmerksam gemacht, daß zu enge Kopfbedeckungen, welche die Ohren kleiner Kinder an den Schädel drücken und ihnen allmälig diese Stellungsweise für die Dauer aufdringen, das Gehör beeinträchtigen. Das Otaphon [3]) hat zum Zwecke, den zu sehr am Schädel anliegenden Ohrknorpel bis auf eine Winkelgröße von 40 bis 45 Grad hinüberzudrücken. Da der Gebrauch desselben nicht selten für die Dauer unbequem und selbst schmerzhaft wird, so hat man auch vorgeschlagen, die Stellung des äußeren Ohres durch chirurgische Eingriffe zu verbessern. Die Durchschneidung der kleinen Ohrmuskeln [4]), die ohnedies so unvollkommen entwickelt und so unbeständig sind, wird wohl nie diesen Zweck erfüllen. Die Trennung des Ohrknorpels dagegen könnte eher zum Ziele führen.

3966 **Ohrmuskeln.** — Das einfachere, meistentheils tütenförmiger gestaltete Ohr der Säugethiere besitzt häufig eine große Reihe verhältnißmäßig starker und mannichfacher Muskeln [5]). Es kann hierdurch die Ohrmuschel nach der Seite, von welcher der Schall kommt, gewendet werden. Dieser Grad von Beweglichkeit ist dem Menschen nicht verliehen. Es gehört hier zu den Ausnahmen, daß der Wille einen irgend bedeutenden Einfluß auszuüben vermag. Die Wirkungen, die selbst unter den günstigsten Bedingungen zu Stande kommen, stehen denen, welche den Haussäugethieren möglich bleiben, bedeutend nach.

3967 Man kann die schwachen und in ihrer Ausbildung unbeständigen Muskeln des äußeren Ohres des Menschen in zwei Klassen trennen. Die eine von ihnen wirkt auf das Ohr im Ganzen, während die andere die Formen einzelner untergeordneter Theile zu verändern sucht.

3968 Der Heber des äußeren Ohres (Adtollens auriculam) (S. 267. Fig. 131. p.) führt dasselbe in die Höhe und macht es dabei etwas länger und hohler. Er kann den Eingang des äußeren Gehörganges in der Richtung seines Zuges erweitern helfen. Der Rückwärtszieher (Retrahens auriculae), der zuweilen aus mehreren gesonderten Bündeln besteht, führt das Ohr nach hinten und der Vorwärtszieher (Adtrahens) nach vorn. Jeder von diesen beiden wirkt zum Theil in der Richtung nach oben und erweitert zugleich die Mündung des äußeren Gehörganges in der seiner Thätigkeit entsprechenden Zuglinie. Der unbeständige, von Hyrtl be-

---

[1]) Buchanan, a. a. O. S. 150. 151.
[2]) Lincke, a. a. O. S. 439.
[3]) Siehe M. Frank, Praktische Anleitung zur Erkenntniss und Behandlung der Ohrenkrankheiten. Erlangen, 1845. 4. S. 196.
[4]) Wolff, bei Lincke a. a. O. Bd. III. Leipzig, 1845. 8. S. 277.
[5]) Eine sehr ausführliche Schilderung dieser Verhältnisse findet sich in A. Hannover, De cartilaginibus, musculis, nervis auris externae atque de Nexu N. vagi et N. facialis, Havniae 1839. 4.

schriebene Griffelohrmuskel (Styloauricularis) scheint das Ohr nach vorn und unten bewegen zu können.

Der große Leistenmuskel (Major helicis) soll den oberen und 3969
der kleine Leistenmuskel (Minor helicis) den vorderen Ohrrand dem Verlaufe der Fasern gemäß umzubiegen, der Bockmuskel (M. tragicus) den oberen Rand des Bockes nach außen und vorn und der Gegenbockmuskel (M. antitragicus) den Gegenbock von dem Bocke zu entfernen suchen. Die beiden letzteren würden daher auch zur Erweiterung des Eingangetheiles des Gehörganges beitragen. Der Erweiterer der Ohrmuschel (Dilatator conchae) kann endlich die Ohrmuschel ausdehnen und der quere Ohrmuskel (Transversus auriculae) die Aushöhlung des Ohres abflachen.

Während sich diese oder manche andere in den anatomischen Lehr- 3970
büchern beschriebenen Ohrmuskeln an vielen Leichen gar nicht oder nur unvollkommen nachweisen lassen, setzen sich in anderen Faserbündel benachbarter Muskeln, wie des Hinterhauptmuskels, des breiten Halsmuskels nach dem äußeren Ohre hin fort. Menschen, welche dieses willkürlich bewegen können, ziehen hierzu nicht selten die angrenzenden Kopfmuskeln zu Hilfe. Der eigenthümliche physiognomische Ausdruck, den das Gesicht einzelner Personen bei dem genaueren Aufhorchen annimmt, fußt ebenfalls auf dem Bemühen, die Aufnahme der Schallwellen durch die Unterstützung jener Nebengebilde zu begünstigen.

Die zarten Muskelfasermassen, die sich an dem äußeren Ohre vor- 3971
finden, können endlich vielleicht noch die ihnen entsprechenden Stücke des Ohrknorpels spannen und zur Aufnahme und Fortpflanzung der Wellen geschickter machen.

Es kommt in einzelnen Fällen vor, daß ein Mensch nur das eine seiner beiden Ohren willkürlich zu bewegen im Stande ist. Manche können bloß über eine Art von Ortsveränderung, Andere über mehrere gebieten. Es giebt Personen, in denen sich die Bewegungen der Kopfhaube mit denen des Ohres verbinden, und Andere, in denen beide Thätigkeitsarten unabhängig von einander wirken. Es ereignet sich endlich, daß nur die Muskeln der Schädeldecke dem Willensbefehle gehorchen, und daß sie allein eine geringe Verschiebung des Ohres möglich machen.

Aeußerer Gehörgang. — Er pflanzt zunächst die Schallwellen, 3972
die in seinen Hohlraum unmittelbar eindringen, oder in ihm von dem äußeren Ohre aus zurückgeworfen werden, nach dem Trommelfelle hin fort. Da er ein von festen Wänden eingeschlossenes Luftrohr darstellt, so kann er die Luftwellen zusammenhalten und durch Resonanz verstärken. Seine Kürze hindert dabei, daß die Luftsäule in einem ihr eigenen, deutlich wahrnehmbaren Nebentone mitklingt.

Die Wellen, in welche die dichte Masse des äußeren Ohres selbst 3973
verfällt, pflanzen sich längs der Wände des Gehörganges bis zu der nächsten Umgebung des Trommelfelles fort. Wir werden aber bald sehen, daß diese Art von Schwingungen eine geringere Bedeutung als die Luftwellen des Gehörganges, für die gewöhnliche Auffassung der Töne zu haben scheint.

3974 Die Krümmungen des äußeren Gehörganges hindern viele Schallstrahlen, das Trommelfell geraden Weges zu erreichen. Es läßt sich dagegen nicht entscheiden, ob die wiederholte Zurückwerfung, der sie unter diesen Verhältnissen unterliegen, mit günstigen akustischen Nebenverhältnissen verbunden ist oder nicht. Verläuft der äußere Gehörgang in mannichfachen Windungen dahin, so ist jedenfalls der hintere Theil desselben vor dem Eindringen von Wasser und mancher anderen schädlichen Stoffe in höherem Maaße geschützt [1]).

Manche Schriftsteller nehmen an, daß wir bei genauerem Aufhorchen den Mund öffnen, um den Gehörgang durch die Ortsveränderung des Unterkiefers zu erweitern. Larrey leitete sogar eine eigenthümliche Art von Schwerhörigkeit von diesen Beziehungen ab. Es sollen sich nämlich die Gelenkfortsätze der unteren Kinnlade von Personen, die ihre Backzähne verloren haben, nach hinten und oben richten und den äußeren Gehörgang seiner Weite nach beeinträchtigen. Bringe man in ihn ein kegelförmiges Röhrchen, so werde hierdurch der Gehörfehler beseitigt [2]).

3975 Der Nutzen, den die Haare und das Ohrenschmalz gewähren, ist noch nicht sicher festgestellt. Die Härchen sollen das Eindringen fremder Körper erschweren und die Töne selbst mildern. Es wird angegeben, daß Pferde, in denen sie entfernt worden, die Laute lebhafter, als unter gewöhnlichen Verhältnissen auffassen [3]).

3976 Eine mit Oel oder Fett bestrichene Haut kann noch Klangfiguren erzeugen. Sie giebt sogar entfernte Töne mit großer Empfindlichkeit an [4]). Es wäre möglich, daß die Fettbekleidung des Ohrenschmalzes die Feinheit der Auffassung der Laute ebenfalls begünstigt. Buchanan [5]) glaubte, daß hierbei die Schallwellen stärker und geregelter zum Trommelfell geführt werden. Menschen, die zu wenig Ohrenschmalz absondern, hören nach ihm noch ziemlich gut, wenn man mit ihnen langsam und in gleichförmigem Tone spricht. Sie vernehmen aber nicht das gleichzeitige Gespräch mehrerer Personen. Litten Kranke der Art an Ohrenbrausen, so verlor sich dieses Zeichen nach Lincke in manchen Fällen, so wie man den Gehörgang mit einer fettigen Masse auskleidete. Die Schwerhörigkeit blieb aber trotz dieser künstlichen Hilfe unverändert zurück.

Ist der äußere Gehörgang mit übermäßigen Mengen meist verhärteten Ohrenschmalzes angefüllt, so verliert sich das Gehör, so lange jenes mechanische Hinderniß nicht beseitigt wird. Es läßt sich kaum annehmen, daß dieser Krankheitszustand die Schwingungen des Trommelfelles unmöglich macht Setzen wir voraus, daß hierbei diese häutige Scheidewand unberührt bleiben kann, so müssen wir hieraus, wie es scheint, entnehmen, daß die eigenen Schwingungen des Ohres und des Gehörganges zu dem gewöhnlichen Hören in der Luft wenig beitragen.

3977 Trommelfell und Gehörknöchelchen. — Das Paukenfell, das den äußeren Gehörgang von der Trommelhöhle trennt und hierbei unter

---

[1]) W. Kramer, Beiträge zur Ohrenheilkunde. Berlin, 1845. 8. S. 234.
[2]) Lincke, a. a. O. S. 449.
[3]) G. v. Gaal, Die Krankheiten des Ohres. Wien, 1844. 8. S. 24. 25.
[4]) F. Savart, in den Annales de Chimie et de Physique. Vol. XXVI. Paris, 1824. 8. pag. 17 — 19.
[5]) Buchanan, a. a. O. S. 104. 105.
[6]) Lincke, a. a. O. S. 452.

ungefähr 55° gegen die Achse des inneren Theiles von jenem geneigt ist, schließt zuvörderst den Raum der Paukenhöhle nach außen hin ab und schützt ihn vor dem Vordringen aller fremdartigen Massen, die sich in dem äußeren Gehörgange befinden. Es leistet überdies wesentliche akustische Dienste und übernimmt in mancher Beziehung für das Ohr dieselbe Rolle, welche die Regenbogenhaut im Auge zu versehen pflegt.

Eine elastische, in einem Ringe ausgespannte Haut wird leicht durch 3978
passende Tonwellen, die sich durch die Luft fortpflanzen, in Erschütterung versetzt[1]). Savart erhärtete dieses nicht bloß an größeren Membranen, sondern auch an dem Trommelfell des Menschen und des Kalbes. Bestreut man es mit Bärlappsamen, so kann man Klangfiguren durch ferne Töne hervorbringen (§. 3035.).

Es unterliegt keinem Zweifel, daß sich Wellen, die durch irgend ein 3979
Mittel bis zu dem hinteren Theile des Gehörganges vordringen, Schwingungen des Paukenfelles anregen. Es hängt hierbei von der Stärke der Stöße ab, ob dem Auge kenntliche Beugungs- oder nur sogenannte Verdichtungswellen zu Stande kommen. Die Schwingung vermag sich von vorn herein auf die ganze Haut auszudehnen, oder sie nur in einem Punkte zunächst zu treffen. Sie verbreitet sich in dem letzteren Falle allseitig, bis sie die dichten Begrenzungsränder trifft und wird dann hier theilweise zurückgeworfen. Wir erhalten so rücklaufende Wellen, welche die früheren durchkreuzen und unter günstigen Bedingungen verstärken.

Fig. 330.

Die Muskeln der Gehör- 3980
knöchelchen können die Verhältnisse des Paukenfelles mittelbar verändern. Der innere Hammermuskel (Musculus mallei internus s. Tensor tympani) (*l* Fig. 330.) zieht den Handgriff des Hammers nach innen, oben und vorn und wirkt auf diese Weise auf das Trommelfell, das mit jenem verwachsen ist. Er drückt zugleich den Kopf des Hammers an den Amboß. Könnte sich diese Wirkung auf den Steigbügel fortpflanzen, so müßte auch der Fußtritt von diesem gegen das eirunde Loch geschoben werden. Es fragt sich jedoch, ob die Befestigungsweise des Hammers des Erwachsenen die Fortpflanzung beträchtlicher Beugungswellen gestat-

[1]) Savart, in den Annales de Chimie et de Physique. Vol. XXVI. pag. 6 — 23.

tet. Die meisten Forscher betrachten die größere Spannung des Paukenfelles als die vorzüglichste Wirkung des inneren Hammermuskels. Er wird jedenfalls die Form desselben ändern können.

3981 Der Theil, den man als äußeren Hammermuskel oder als Erschlaffer des Trommelfelles (Musculus mallei externus s. Laxator tympani) anführt, ist in den meisten Fällen ein Band und kein wahrer Muskel. Krause und Beck[1]) fanden jedoch in ihm quergestreifte Fasern, wenn er gehörig entwickelt war. Miescher sah ihn in einem Falle roth gefärbt. Krause glaubt, daß er den Hammerhals nach vorn und innen zieht, das Trommelfell im Ganzen erschlafft, den vorderen Theil desselben aber in querer Richtung anspannt. Die Masse endlich, die manche ältere Forscher als den kleinen Erschlaffer des Trommelfelles (Laxator tympani minor) beschrieben haben, ist immer nur ein Bandgebilde.

3982 Der Steigbügelmuskel (Stapedius) (*s*, Fig. 330.) drückt zunächst das hintere Ende des Fußtrittes des Steigbügels in die eiförmige Grube, während sich das vordere von ihr emporhebt. Seine Wirkung kann sich aber auch möglicher Weise bis zum Trommelfell fortpflanzen[2]). Zog Huschke[3]) die Sehne in dem Leichname an, so schob sich der Hammergriff nach außen gegen das Paukenfell. Er wirkt daher nach der Ansicht dieses Forschers dem inneren Hammermuskel entgegen.

Obgleich der innere Hammermuskel und der Steigbügelmuskel quergestreifte Fasern enthalten, so werden wir uns doch fast nie ihrer Thätigkeit bewußt. Manche Menschen können nach Belieben ein eigenes knisterndes Geräusch, das auch von Anderen vernommen wird, hervorrufen[4]). Treibt man Luft von der Eustachischen Trompete aus in die Trommelhöhle, so gelingt der Versuch am leichtesten. Das Knacken stellt sich ein, so wie der Druck nachläßt. Einzelne Personen haben diese Vorbereitung ihren Angaben nach nicht nöthig. Man erklärt diese Erscheinung in der Regel aus der Zusammenziehung des inneren Hammermuskels, ohne daß diese Auffassungsweise durch nähere Versuche erhärtet werden könnte. Es wäre daher wünschenswerth, daß die Ursache dieser Tönung einer ausführlichen neuen Prüfung unterworfen würde.

3983 Die Form und die Spannung des Trommelfelles hängt nicht bloß von den eben erwähnten Einflüssen der Gehörknöchelchen, sondern auch von den gegenseitigen Beziehungen der Gassäulen, von denen es umgeben wird, ab. Seine vordere Fläche grenzt an die Luft des äußeren Gehörganges und seine hintere an die der Trommelhöhle. Denken wir uns, daß diese beiden Gasmassen eine wesentlich verschiedene Spannung aus irgend einem Grunde darbieten, so wird auch die Stellung der Molecule des Paukenfelles diesem Einflusse gehorchen.

---

[1]) C. F. Th. Krause, Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Auflage. Bd. I. Hannover, 1842. 8. S. 497. B. Beck, Anatomische Untersuchung über einzelne Theile des VII. und IX. Hirnnervenpaares. Heidelberg, 1847. 4 S. 49.

[2]) Vergl. auch Bonafont, bei P. H. Wolff, Die nervöse Schwerhörigkeit. Leipzig, 1844. 8. S. 15. Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 471.

[3]) S. Th. v. Sömmerring, Lehre von den Eingeweiden. Umgearbeitet von Huschke. Leipzig, 1844. 8. S. 747. 748.

[4]) Joh. Müller, a. a. O. Bd. II. S. 439. 440. De functionibus nervorum cerebralium, pag. 115. 116. Theile, in Schmidt's Encyclopaedie der gesammten Medicin. Bd. III. 1842. 4. S. 437. 438. R. Wagner, Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. S. 364.

Befestigt man eine dünne elastische Haut über der Oeffnung eines 3984
Cylinders, versieht sie mit einem Hebel, der ihre Spannung zu ändern vermag, und bestreut die Oberfläche mit feinem Bärlappsamen oder mit Sandkörnchen, so erzeugen sich Klangfiguren, so wie man passende Schallwellen in einer nicht zu großen Entfernung anregt und eine schwingende Scheibe parallel der Oberfläche der dünnen Haut anbringt [1]). Die Körnchen hüpfen aber unter sonst gleichen Verhältnissen höher, wenn die Haut schwächer gespannt ist. Führt auch die Anheftungsstelle des Hebels zu einem Schwingungsknoten, so daß sich hierdurch die Schwingungsweite verkleinert [2]), so deuten doch die Einflüsse, welche die verschiedenen Spannungsgrade bedingen, darauf hin, daß der Unterschied von diesem Nebenumstande nicht ausschließlich abhängt.

Joh. Müller [3]) suchte das Gleiche auf anderem Wege zu erhärten. 3985
Er verstopfte sich das eine Ohr und fügte in das andere ein kelchartiges Hörrohr, dessen Mündung mit einer elastischen Haut verschlossen war. Diese konnte durch einen Hebel nach einwärts gezogen und stärker gespannt werden. War die Membran verhältnißmäßig erschlafft, so wurden alle Töne und Geräusche stärker, als unter der erhöhten Spannung jenes künstlichen Trommelfelles wahrgenommen.

Trägt man diese Erscheinungen auf die Verhältnisse des Lebens über, 3986
so kann man sich vorstellen, daß das Paukenfell dieselbe Rolle im Ohre, wie die Regenbogenhaut im Auge übernimmt. Wie diese das Sehloch bei zu grellem Lichte verengt, um die Menge der einfallenden Lichtstrahlen zu vermindern, so kann sich möglicher Weise das Trommelfell stärker anspannen, um zu heftige Töne zu dämpfen und dem Ohre angenehmer zu machen. Es ist jedoch noch nicht durch die Erfahrung ermittelt, welcher Größe des Spannungswechsels das lebende Trommelfell unterworfen ist und unter welchen Bedingungen die Thätigkeit der Muskeln der Gehörknöchelchen eingreift [4]). Man darf daher nur jene Uebertragung als eine Möglichkeit betrachten.

Athmet man bei verschlossenem Munde und zugehaltenen Nasenlöchern tief ein oder aus, so gelingt es unter günstigen Verhältnissen, das Gas der Trommelhöhle zu verdünnen oder zu verdichten. Es läßt sich erwarten, daß dann das Paukenfell, so weit es seine Befestigung gestattet, in dem ersteren Falle nach einwärts und in dem zweiten nach auswärts getrieben werde. Die Spannung der Haut wird sich in vielen Fällen verändern. Die Schärfe des Gehörs nimmt unter diesen Verhältnissen ab. Da aber hierbei die übrigen Theile, welche in der Trommelhöhle und an den Wänden derselben liegen, regelwidrigen Bedingungen unterworfen sind, so läßt sich nicht entscheiden, ob man den Grund der abweichenden Thätigkeit in dem Paukenfelle allein zu suchen berechtigt ist.

---

[1]) Savart, a. a. O. p. 25. 27.

[2]) Muncke, in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. III. S. 501. Bd. IV. Seite 1210.

[3]) Joh. Müller, a. a. O. S. 435. 436.

[4]) Kramer, a. a. O. S. 215 fgg. Vergl. auch Fr. Arnold, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. II. Zürich, 1841. 8. S. 579.

3987 **Wollaston**[1]) **und Joh. Müller**[2]) **fanden nach ihren, an sich selbst angestellten Beobachtungen, daß die übermäßige Anspannung des Trommelfelles, die man durch die eben erwähnte Luftveränderung der Trommelhöhle einleitet, die Wahrnehmung tiefer Töne hindert, die von hohen dagegen eher verschärft, als beeinträchtigt. Es giebt Schwerhörige, welche ähnliche Verhältnisse darbieten, ohne daß ihre Eustachische Trompete verstopft wäre. Man hat daher das Leiden aus einer übermäßigen Spannung des Trommelfelles, welche in einer regelwidrigen anhaltenden Verkürzung des inneren Hammermuskels begründet sein soll, zu erklären gesucht. Die Forschungen, die bis jetzt an solchen Kranken angestellt worden, sind jedoch noch zu unvollständig, als daß sich über die Richtigkeit dieser Ansicht urtheilen ließe.**

Die ärztlichen Erfahrungen haben keine neuen sicheren Aufschlüsse über die Bestimmung des Paukenfelles geliefert. Man weiß nur so viel, daß diese Haut gänzlich zerstört sein kann, ohne daß das Gehör für Schallwellen, die sich durch die Luft fortpflanzen, gänzlich verloren geht. Der musikalische Sinn kann sich unter diesen Verhältnissen vollständig erhalten. Kleinere Spalten oder Oeffnungen scheinen sogar ohne merklichen Nachtheil bestehen zu können. Wird ein Theil des Trommelfelles plötzlich zerstört, so ereignet sich bisweilen, daß die Innentheile der Trommelhöhle von Entzündungszuständen und deren Folgen ergriffen werden. Ausschwitzungen, die sich in der Masse des Paukenfelles selbst absetzen, führen oft zu beträchtlicher Schwerhörigkeit [3]).

Es ist häufig versucht worden, das Trommelfell zu durchbohren, um das Uebelhören zu beseitigen. Lassen wir den Fall, in welchem auf diese Weise eiterige Ablagerungen der Paukenhöhle entfernt werden, bei Seite, so konnte man bis jetzt keine sichere Anzeige für diesen Eingriff feststellen. Entartungen des Trommelfelles, welche die Uebertragung der Luftwellen unmöglich machen, dürften Versuche der Art am ehesten rechtfertigen.

3988 **Gehörknöchelchen. — Eine dünne elastische und ausgespannte Haut nimmt nicht nur die Luftwellen leichter, als ein dicker, fester Körper auf, sondern theilt sie auch anderen, mit ihr verbundenen dichteren Gebilden eher mit. Die Schwingungen pflanzen sich aber wiederum besser in einer Flüssigkeit fort, wenn der an sie stoßende feste Körper von einer elastischen Haut rings umgeben wird (§. 3952.). Das Trommelfell wird daher auch die Schallwellen unter günstigeren Verhältnissen den Gehörknöchelchen und der mit der Haut umsäumte Fußtritt des Steigbügels der Flüssigkeit des Vorhofes übertragen.**

Joh. Müller [4]) suchte diese Verhältnisse durch eine künstliche Vorrichtung zu versinnlichen. Er spannte ein Stück Schweinsblase über das untere Ende einer einfüßigen Pfeife und setzte an diese eine Röhre, deren Ausgang mit einer zweiten Membran versehen war. Jene stellte gewissermaßen das Trommelfell und diese die Haut des eirunden Loches dar, während die Pfeife dem äußeren Gehörgange und der angefügte Cylinder der Trommelhöhle entsprach. Ein Stab, der in der Mitte von dieser hinlief, verband die beiden Häute. Sein unteres Ende trug eine Platte, die auf der zweiten Membran ruhte. Dieser Theil sollte dann dem Fußtritte des Steigbügels entsprechen. Wurde nun der untere Abschnitt in Wasser getaucht, die Pfeife angeblasen und der Ton bei verstopftem Ohre mit einer Glasröhre aufgenommen, so verstärkte sich der Klang, so

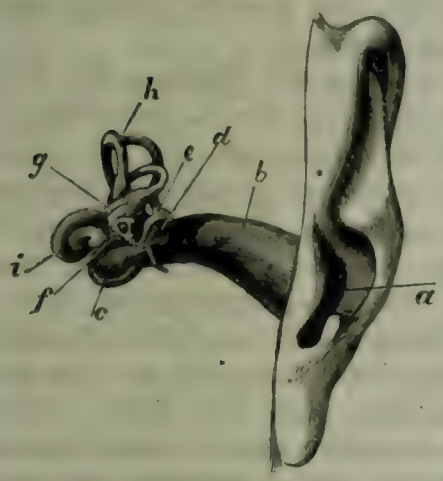
---

[1]) Wollaston, in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. IV. Edinburgh, 1821. 8. p. 158 — 164. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd IV. S. 1218.
[2]) Joh. Müller, a. a. O. S. 438.
[3]) Kramer. a. a. O. S. 235.
[4]) Joh. Müller, a. a. O. S. 428. 429.

wie man in die Nähe des dem Steigbügel entsprechenden Gebildes kam. Ließ Müller den Cylinder hinweg, so erhielt er die kräftigste Tönung, wenn er die Glasröhre auf die dem Fußtritte des Steigbügels entsprechende Korkplatte senkrecht aufsetzte.

Der Hammer *d*, Fig. 331., der Amboß *e* und der Steigbügel *f* ver- 3989
binden sich wechselseitig durch Gelenke mit einander. Es läßt sich vermuthen, daß die Fortpflanzung der Töne durch diese Unterbrechung geschwächt werde. Bedenken wir aber, daß hier jedenfalls Fläche an Fläche gedrückt ist, daß die Zwischenmassen nur sehr dünne Lagen bilden, so dürfte kein beträchtlicher Nachtheil aus dieser Einrichtung erwachsen. Legt man eine Uhr an die Zähne des Unterkiefers, so hört man noch das Klopfen derselben mit hinreichender Deutlichkeit, obgleich auch hier die Schallwellen das Kiefergelenk durchsetzen müssen.

Fig. 331.



Man könnte auf den ersten Blick glauben, daß die Anwesenheit ver- 3990
schiedenartiger Muskeln, welche einzelne Gehörknöchelchen verrücken, die gelenkige Verbindung dieser Stücke vollkommen zu erklären im Stande ist. Die vergleichende Anatomie lehrt aber, daß diese Auffassungsweise nicht ausreicht. Die Frösche z. B. haben Gelenke ohne Muskeln. Gewisse Nebenzwecke müssen daher die Natur bestimmen, den festen Zwischenleiter, den sie zwischen dem Trommelfelle und dem eirunden Loche einschaltet, in mehrere Bruchstücke zu zerfällen. Es ist für jetzt nicht möglich, diese Eigenthümlichkeit in irgend genügender Weise zu erklären. Man kann annehmen, daß die gegenseitige Verrückung der Gehörknöchelchen zu starke Beugungswellen von dem Vorhofe abhält. Diese Voraussetzung, deren Richtigkeit noch dahin gestellt bleiben muß, erklärt aber immer noch nicht, weshalb die Reihe der Gehörknöchelchen des Menschen und der Säugethiere mit mehr als einem Gelenke versehen worden.

Jene Zwischentheile verbinden gewissermaßen das Trommelfell mit 3991
der Flüssigkeit des Labyrinthes. Seebeck[1]) benutzte diese Anschauungsweise, um die Vielseitigkeit der Tonauffassung, deren unser Gehör fähig ist, begreiflich zu machen.

Eine kleine nicht zu sehr gespannte Haut, die an beiden Seiten von Luft begrenzt wird, verfällt in lebhafte Schwingungen, so wie der sie anregende Ton mit ihrem eigenen Tone im Einklange steht. Weicht er dagegen um einen halben oder einen viertel Ton ab, so vermindert sich die Wirkung. Sie kann bei stärkeren Unterschieden gänzlich ausbleiben. Nur Töne mit 2, 3, 4 mal so geringen Schwingungszahlen liefern wie-

[1]) Seebeck, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXVIII. Leipzig, 1846. 8. Seite 458 — 462.

derum lebhaftere Bewegungen der mittönenden Haut. Diese selbst erklingt aber nicht in dem tiefen anregenden, sondern in ihrem eigenen Tone.

Es ließe sich hiernach erwarten, daß bloß eine beschränkte Zahl von Tönen mit größter Deutlichkeit durch Vermittelung des Trommelfelles wahrgenommen werden könnte. Die Erfahrung lehrt aber, daß dieses nicht der Fall ist. Wir werden später sehen, daß unser Gehörorgan mindestens 11 bis 12 Octaven zu vernehmen vermag.

Die Untersuchungen, welche Seebeck über das Mittönen der Körper angestellt hat, weisen nach, daß der Einfluß, den die Höhe des anregenden Tones ausübt, um so mehr in den Hintergrund tritt, je größeren Widerstand das zweite, hinter dem mitklingenden Körper befindliche Mittel zu leisten im Stande ist. Eine auf diese Weise mitschwingende Membran erreicht auch um so eher ihren Beharrungszustand, bei dem ihre Schwingungen dem des anregenden Körpers isochron werden. Trägt man dieses auf das durch die Gehörknöchelchen mit dem Labyrinthwasser verbundene Trommelfell über, so kann man annehmen, daß das Ohr auf diese Weise die Fähigkeit erhält, eine größere Reihe von Tönen aufzufassen und sie noch, wenn sie rasch auf einander folgen, wechselseitig zu unterscheiden. Eine bedeutendere Anspannung des Paukenfelles wird das Hören tieferer Töne unmöglich machen. Wächst die Stärke und die Höhe der Töne gleichzeitig, so rückt auch die Grenze der Wahrnehmbarkeit weiter hinaus.

3992 Die in den Gehörknöchelchen hinlaufenden Erschütterungen theilen sich so sehr als möglich der Luft, welche die Paukenhöhle einschließt, mit. Größere Gehörknöchelchen müssen in dieser Hinsicht eine ausgedehntere Uebertragungsfläche darbieten.

3993 Es erhellt aus den Erfahrungen von Savart und Chladni, daß eine Saite, eine elastische Haut oder eine Platte, die in Querschwingungen verfällt, einen in ihrer Richtung verlaufenden Körper ebenfalls in quere, einen anderen dagegen, der auf ihr senkrecht steht, in Längenschwingungen versetzt. Wiederholt sich diese gegenseitige Anordnung mehrere Male, so kehrt auch das gleiche Gesetz immer von Neuem wieder. Die absolute Richtung der Ausweichungen erhält sich trotz dieser Verschiedenheiten.

3994 Die Gehörknöchelchen knicken sich wechselseitig unter bestimmten Winkeln ein (Fig. 334.). Obgleich sich der tiefere Grund ihrer gegenseitigen Stellung eben so wenig, als die Ursache ihrer eigenthümlichen Form und die Bestimmung der meisten an sie gehefteten Weichgebilde erklären läßt, so kann man doch aus dem eben erwähnten akustischen Gesetze schließen, daß die von außen nach innen gerichteten Bebungen des Trommelfelles als Längenschwingungen in den Schenkeln des Steigbügels auftreten und in dieser ihrer Richtung auf die Flüssigkeit des Vorhofes wirken. Die Haut des eirunden Loches und der Fußtritt des Steigbügels oder dieser Theil überhaupt erzittern, wie das Paukenfell in Bahnen, die im Allgemeinen von außen nach innen gerichtet sind.

Der Verlust der Gehörknöchelchen hat nicht nothwendiger Weise völlige Taubheit zur Folge. Man findet sogar Angaben, nach denen sich das Gehör trotz des Mangels

jener Theile vollkommen erhalten haben soll [1]). Eine genauere akustische Prüfung solcher Fälle mangelt aber noch gänzlich.

Trommelhöhle und Eustachische Trompete. — Der Luft- 3995
inhalt der Paukenhöhle kann dreierlei Bestimmungen erfüllen. Er isolirt das Trommelfell und die Gehörknöchelchen, pflanzt selbstständig Wellen nach dem inneren Ohre fort und verstärkt die Tönung auf dem Wege der Resonanz. Wäre die Paukenhöhle in sich abgeschlossen gewesen, so würde ihr Gas, das höher erwärmt und für ihren Temperaturgrad mit Wasserdünsten gesättigt ist, eine stärkere Spannung, als die Luft des äußeren Gehörganges besessen haben. Der offene Seitencanal, den wir unter dem Namen der Eustachischen Trompete kennen, verhütet diesen Uebelstand. Der Druck der beiderlei verschiedenen Gase kann sich durch diese Nebenmündung ausgleichen.

Denkt man sich, daß sich ein Theil der Schallwellen durch die Gehör- 3996
knöchelchen und ein anderer durch die Luft der Trommelhöhle fortpflanzt, so werden sich wahrscheinlich beide durch ihren Klang unterscheiden, weil die eine Art von Wellen fester und die andere von Schwingungen elastisch flüssiger Stoffe herrührt. Die Erschütterungen der Luft der Paukenhöhle können sich nur in geringem Grade den begrenzenden festen Wänden, in höherem Maaße dagegen der Haut des eirunden Loches und vor Allem dem Nebentrommelfell mittheilen. Die Schwingungen, welche die Reihe der Gehörknöchelchen durchlaufen, pflanzen sich auf die Flüssigkeiten des Labyrinthes in stärkerem Maaße, als die, welche von der Luft der Trommelhöhle und der Haut des runden Loches herrühren, fort [2]).

Es läßt sich nicht mit Bestimmtheit angeben, worin der Nutzen die- 3997
ser doppelten Uebertragung besteht und ob wir überhaupt nur die eine Art der Wellen oder beide zugleich vernehmen. Die schon früher erläuterten Verhältnisse des Trommelfelles können zu der Vermuthung führen, daß die Gehörknöchelchen allein die Uebertragung vieler Tonarten vermitteln. Sollten aber Doppelwellen die Labyrinthflüssigkeit treffen, so wäre es denkbar, daß sie sich unter günstigen Bedingungen wechselseitig zu unterstützen im Stande wären. Die Unterschiede der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der mannichfachen Zwischenleiter dürfte bei der Kürze derselben kaum in Betracht kommen.

Ist die Trommelhöhle mit Schleim oder mit anderen dichten Körpern verstopft, so leidet in der Regel das Gehör in beträchtlichem Grade. Die Kranken können oft selbst stärkere, durch die äußere Luft mitgetheilte Wellen nicht auffassen. Die Menge oder die Beschaffenheit der fremdartigen Festgebilde, welche in der Paukenhöhle abgesetzt sind, scheint den Erfolg wesentlich zu bestimmen [3]) (§. 4002.). Reinigt man den Raum durch das Eintreiben von Luft, so kehrt nicht selten das Gehör von Neuem wieder.

Die Zellenräume des Zitzenfortsatzes, welche mit der Paukenhöhle 3998
durch die Verbindungsöffnung zusammenhängen, scheinen als Resonanz-

---

[1]) Wolff, in Lincke's Sammlung etc. Heft I. Leipzig, 1836. 8. S. 179. Vergl. auch Heft 3. S. 190.
[2]) Joh. Müller, a. a. O. S. 443. 444.
[3]) Kramer, a. a. O. S. 241. 242.

werkzeuge zu wirken. Da sie sich erst gegen das Jünglingsalter vollständig entwickeln, so läßt sich schließen, daß ihr Nutzen eine nur untergeordnete Bedeutung besitzt. Sind sie mit fremdartigen Massen gefüllt, so soll das Gehör in merklicher Weise leiden. Die Anbohrung des Warzenfortsatzes und die Entfernung der fremdartigen Körper ist dann angeblich im Stande, die Regelwidrigkeit der Tonauffassung zu beseitigen.

3999 Die Eustachische Trompete bildet ein an ihren beiden Enden offenes Rohr, welches die Trommelhöhle mit dem Schlundkopfe verbindet. Die Lefzen ihrer Rachenmündung liegen nicht selten in der Leiche nahe an einander. Es ist möglich, daß der Gaumenheber (Levator palati mollis) und vorzüglich der Gaumenspanner (Tensor palati) den Ausgang zu erweitern im Stande sind.

4000 Schleimige Massen und andere Stoffe können durch den Nebengang, den die Trompete herstellt, in die Schlundkopfhöhle abfließen. Wir haben auch schon §. 3995. gesehen, daß sich die Luftsäulen, welche das Trommelfell von beiden Seiten umgeben, auf diesem Wege in's Gleichgewicht setzen. Das Flimmerepithelium, welches die Eustachische Röhre bekleidet, wird eine fortwährende Bewegung der benachbarten flüssigen und gasförmigen Stoffe unterhalten. Man kennt aber seine wahre Bestimmung in diesen Theilen eben so wenig, als in den meisten anderen Körpergebilden.

4001 Ist die Eustachische Trompete mit fremdartigen Massen verstopft, so leidet das Gehör in merklichem Grade. Jeder Katarrh, der die Schleimhaut der Tube befällt, kann schon nachtheilig wirken. Die Ohrenärzte bemühen sich daher häufig, diesen Nebengang auf dem Wege des Katheterismus oder durch die künstliche Erweiterung des Canales wieder herzustellen. Man benutzt ihn nicht selten, um Luft, Wasser, Aetherdämpfe und andere Heilmittel in das mittlere Ohr einzutreiben. Gelingt es nicht mehr, die Eustachische Röhre durchgängig zu machen, so versucht man bisweilen, einen anderen künstlichen Ausgang anzulegen. Man hat daher dann die Anbohrung des Zitzenfortsatzes und selbst die Durchlöcherung des Trommelfelles vorgeschlagen.

4002 So häufig man auch die Unwegsamkeit der Eustachischen Trompete behandelte, so liefern doch die bis jetzt vorliegenden ärztlichen Erfahrungen keinen sicheren Anhaltpunkt für die akustische Bedeutung dieses Gebildes. Kramer [1]) giebt sogar an, daß die bloße Wiederherstellung des Durchgangscanales die Taubheit nicht heilt, die Entfernung der übermäßigen Schleimmassen dagegen das Uebel beseitigt. Diese Thatsache scheint anzudeuten, daß die dichten, regelwidrig in der Trommelhöhle abgelagerten Körper die Wellen der Gehörknöchelchen zu sehr ableiten und die Schwerhörigkeit auf diese Weise herbeiführen.

4003 Keine der Vermuthungen [2]), welche die Physiologie über den Nutzen

---

[1]) Kramer, a. a. O. S. 243.

[2]) Eine ausführliche Zusammenstellung derselben, der Gründe und Gegengründe findet sich bei Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 483 — 505.

der Eustachischen Trompete aufgestellt hat, fußt auf sicher beweisenden Thatsachen. Die meisten Hypothesen erklären es nicht, weshalb ein eigenthümliches, gekrümmtes, aus Faserknorpel und Knochenmasse bestehendes Rohr mit enger Ausgangsmündung und keine einfache Oeffnung vorhanden ist.

Einzelne Forscher glaubten, daß eine vollkommen abgeschlossene Pau- 4004
kenhöhle die Schwingungen unmöglich machen würde. Die physikalischen Gesetze unterstützen diese Ansicht keineswegs. Die Wellen könnten verdichtend und verdünnend fortschreiten, ohne daß ein Nebenraum für das Ausweichen nöthig wäre.

Einzelne Beobachter stützten sich auf die Thatsache, daß das Gas der 4005
nirgends geöffneten Trommelhöhle eine andere chemische Beschaffenheit als die Luft des äußeren Gehörganges darbieten müßte. Enthielte sie Kohlensäure, so würde hierdurch die Tönung gedämpft. Die Auffassung derselben litte unter diesen Verhältnissen. Man kann aber mit Recht bezweifeln, ob diese Folgerung an und für sich nöthig ist, ob geringe Beimischungen von Kohlensäure diesen Einfluß ausüben und ob die Anwesenheit der Eustachischen Trompete eine solche Veränderung des Gases der Paukenhöhle zu verhüten im Stande wäre.

Da die Tube ein offenes Seitenrohr der Paukenhöhle bildet, so hat 4006
man auch angenommen, daß sie zu starke Luftwellen der Trommelhöhle theilweise ableitet und den Eindruck, der die Haut des runden Fensters trifft, mildern hilft. Wollte man auch diese noch zu beweisende Thatsache zugeben, so würde doch durch sie wenig gewonnen werden, weil die Gehörknöchelchen die Erschütterungen dem Vorhofe mittheilen.

Viele Schriftsteller haben die Vermuthung ausgesprochen, daß die 4007
Trompete die Schallwellen, welche die Luft der Rachenhöhle bildet, der Trommelhöhle zuleitet. Die Gegner dieser Meinung stützen sich auf die Thatsache, daß eine tönende Stimmgabel oder der Schlag einer Uhr, die man frei im Munde hält, gar nicht gehört oder nur schwach vernommen wird. Ist es auch unmöglich, eine sichere Beweiskraft dieser Erscheinung zuzuerkennen, so sprechen doch nicht die Lage und der Verlauf der Trompete, ihre enge, leicht verschließbare Mündung und die halbfeste Beschaffenheit ihrer Wände zu Gunsten jener Vorstellung [1]). Die Betrachtung der Verhältnisse des runden Fensters wird uns in der Folge noch andere Gegenbeweise liefern.

Dasselbe gilt von der Annahme, daß wir die Laute unserer eigenen 4008
Stimme auf diesem Wege vernehmen. Zeugen schon die eben angeführten Gründe gegen diese Vermuthung, so können sich überdies die Wellen, welche das Zungenwerk des Stimmwerkzeuges anregt, durch die Festgebilde des Kopfes den inneren Stücken der Gehörwerkzeuge mittheilen. Man führt allerdings an, daß Taube, die kein lautes Geräusch und keine Sprache eines Anderen aufzufassen im Stande waren, ihre eigene Rede

[1]) E. H. Weber, De pulsu, resorptione, auditu et tactu. Lipsiae 1834. 4. p. 43. 44. Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 501 — 503. Joh. Müller, a. a. O. S. 449. 450.

zu vernehmen angaben. Nehmen wir aber auch an, daß diese Thatsache auf keiner psychologischen Täuschung beruhte, so beweist sie noch nicht die Fortleitung von Luftwellen durch die Eustachische Trompete. Verschließt man die Tubenöffnungen bei dem tiefen Einathmen oder füllt man die Trommelhöhle mit viel Luft bei starkem Ausathmen, so hört man in beiden Fällen noch die eigenen Stimmtöne. Der Unterschied ist nicht so groß, daß sich die Richtigkeit jener Ansicht auf diesem Wege begründen ließe.

4009 Manche neuere Forscher suchten den Nutzen der Trompete in der Verstärkung der Resonanz. Henle verglich ihre Oeffnung mit den Löchern des Resonanzbodens einer Geige. Wie diese es möglich machen, daß die Luft gleichzeitig mitschwingt und daß der Ton klangvoller und stärker ausfällt, so könnten die Gase der Trompete, der Mund- und der Nasenhöhle ähnliche Vortheile darbieten. Joh. Müller[1]) neigt sich ebenfalls zu dieser Vermuthung nach akustischen Versuchen. Ließ er eine Stimmgabel über einer Röhre schwingen, so schien sich der Ton zu verstärken, sobald eine kleine Oeffnung zu einer längeren Seitenröhre überführte.

4010 Es fragt sich endlich noch, ob nicht die mit Luft gefüllte Eustachische Trompete einen eigenen Nebenton durch selbstständige Schwingungen zu erzeugen im Stande ist. Fr. Nasse[2]) macht darauf aufmerksam, daß das unmusikalische Gehör vieler Menschen davon herrühren kann, daß ein Nebenton die scharfe Auffassung des Haupttones stört. Leidet ein Mensch, der sonst die einzelnen Töne genau unterscheidet, an Schnupfen, so stellt sich nicht selten eine ähnliche Störung ein. Da die Form und das Faserknorpelgewebe der Tube in verschiedenen Menschen wechseln, so können diese Wirkungen in den einzelnen Personen mannichfach abweichen.

4011 Labyrinth. — Zwei Oeffnungen, das eirunde und das runde Loch, verbinden die Trommelhöhle mit dem Labyrinthe. Jenes führt zunächst zu dem Vorhofe und dieses zu der Paukentreppe der Schnecke. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Wellen, welche die Reihe der Gehörknöchelchen durchsetzt haben, durch das eirunde Loch weiter dringen. Man hat dagegen sehr verschiedenartige Rollen dem Nebentrommelfell, welches das runde Fenster ausfüllt, zugeschrieben.

4012 Die früheren Forscher stellten sich vor, daß die Luftwellen der Paukenhöhle von dem Nebentrommelfell aufgenommen und dem Labyrinthwasser mitgetheilt werden. Die meisten setzten hierbei voraus, daß eine und dieselbe Schwingungsreihe des Paukenfelles einen doppelten Zug von Schallwellen erzeugt. Der der festen Gehörknöchelchen dringe durch das eirunde und der der gasförmigen durch das runde Fenster vor. Das Nebentrommelfell könne sogar hierbei unter gewissen Verhältnissen in stärkerem Maaße angespannt werden. Zieht sich nämlich der Steigbügelmuskel gleichzeitig zusammen, so dringe der Hintertheil des Fußtrittes tiefer in das

---

[1]) Joh. Müller, a. a. O. S. 446.
[2]) Fr. Nasse, in Griesinger's medicinischer Sechswochenschrift. Bd. VI. Stuttgart, 1847. 8. S. 447 — 449.

eirunde Fenster und drückt auf das Labyrinthwasser. Die Pressung pflanzt sich auf die Flüssigkeit des Vorhofes und von da auf die der Schneckentreppe fort. Eine stärkere Spannung des Trommelfelles folgt diesen Veränderungen [1]).

Man hat die verschiedensten Ansichten über den Einfluß, welchen die 4013
Luftwellen der Paukenhöhle auf das Hören ausüben, aufgestellt. Einzelne, wie Treviranus, betrachteten sie als die wesentlichsten Vermittler der Tonempfindung. Die Gehörknöchelchen sollten nur für die Veränderungen des Labyrinthwassers bestimmt sein. Fast alle neueren Forscher haben sich mit Recht gegen diese Vorstellung ausgesprochen. Manche, wie Hyrtl [2]), suchten sogar zu zeigen, daß die Stellung des Nebentrommelfelles darauf hindeutet, daß diese Haut so wenig als möglich von den Gaswellen der Trommelhöhle berührt wird.

Ed. Weber [3]) betrachtet das runde Fenster als eine Art von Gegen- 4014
öffnung, die das Ausweichen des Labyrinthwassers möglich macht. Fehlte sie, so müßte die Flüssigkeit zusammengedrückt werden, eine Wirkung, die den schwachen Stößen des Steigbügels unmöglich ist. Das nachgiebige Nebentrommelfell vermag dagegen die nöthige Aushilfe zu verschaffen. Es kann mit dem Steigbügel synchronisch schwingen. Es werden auf diese Weise die Beugungswellen der Labyrinthflüssigkeit möglich gemacht. Manche ältere Forscher schrieben eine ähnliche Bestimmung den sogenannten Wasserleitungen zu. Diese bilden aber nur Durchgangskanäle, die zur Aufnahme von Blutadern bestimmt sind.

Die häutigen Theile des Vorhofes, der Ampullen und der halbcirkel- 4015
förmigen Kanäle enthalten die Glasfeuchtigkeit oder die Endolymphe des Labyrinthes. Die seröse Perilymphe trennt jene Gebilde von der sie einschließenden Knochenmasse. Sie füllt noch die Räume, welche die Schneckentreppen übrig lassen, aus. Die Wände des häutigen Labyrinthes besitzen überdies eine gewisse Steifheit. Sie fallen daher nicht, wie weichere Säcke, nach der Entleerung ihres Inhaltes zusammen.

Man kann sich diese Einrichtung aus mehrfachen Gründen begreiflich 4016
machen. Die Dichtigkeit der Flüssigkeiten, welche den Hörnerven in dem Vorhofe und den Ampullen unmittelbar und an den Schneckentreppen mittelbar umspülen, nähert sich dem des Inhaltes der Nervenfasern. Die Schwingungen können sich deshalb wahrscheinlich vollkommener und gleichförmiger mittheilen. Sie schützen zugleich die Nervenmasse vor schädlichen Einwirkungen, gestatten ihr eine freiere Ausbreitung, pflanzen die Stöße rascher fort und machen eine gleichförmigere Vertheilung des Druckes möglich. Die starreren Wände des häutigen Labyrinthes eignen sich wahrscheinlich in höherem Grade, die Wellen aufzunehmen, synchronisch mitzuschwingen und die Tönung selbst durch Resonanz zu verstärken.

---

[1]) Fr. Arnold, a. a. O. Bd. II. Abth. II. S. 599.

[2]) J. Hyrtl, Vergleichend-anatomische Untersuchungen über das innere Gehörorgan der Menschen und der Säugethiere. Prag, 1845. 4. S. 50.

[3]) Siehe R. Wagner's Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. S. 367. 368.

4017 Die Erschütterungen des Steigbügels theilen sich den §. 4015. erwähnten Flüssigkeiten und dem häutigen Labyrinthe mit. Sie wirken vermuthlich mit mehr Kraft auf diejenigen Fasern des Hörnerven, die sich in dem Vorhofe und den Ampullen, als auf die, welche sich in der Schnecke verbreiten. Der Rhythmus der Stöße wird die Empfindung der Höhe, die lebendige Kraft derselben die Wahrnehmung der Stärke der Töne bestimmen. Man kennt dagegen noch nicht die Verhältnisse, von denen die Auffassung des Klanges abhängt. Man weiß eben so wenig, wozu die Säcke des Vorhofes und die Unebenheiten der Ampullen dienen. Es ließe sich noch am ehesten vermuthen, daß sie die Schallwellen den Ausbreitungen des Hörnerven unter allen beliebigen Eintrittsverhältnissen in möglichster Stärke zuleiteten.

Vergleichend-anatomische Erfahrungen lehren, daß Flimmerzellen die Gehörflüssigkeit unmittelbar umgeben können, ohne die Hauptbestimmung derselben zu beeinträchtigen. Der Gehörstein der Schnecke bewegt sich auf diese Weise nach Siebold's Entdeckung. Ecker [1]) fand Flimmerzellen, von denen jede nur ein Haar trug, in den halbcirkelförmigen Kanälen von Petromyzon marinus.

4018 Die Krystallmassen, welche in dem Vorhofe des Menschen vorkommen und die Gehörsteine der niederen Geschöpfe vertreten, verstärken wahrscheinlich die Stöße, welche die in dem Vorhofe und den Ampullen ausgebreiteten Fasern des Hörnerven treffen. Eine Flüssigkeit, die einzelne kleine Steine enthält, verfällt leichter in Molecularschwingungen [2]). Die festen Körper zittern dann selbst mit vieler Lebhaftigkeit und theilen ihre Stöße anderen dichteren Massen kraftvoll mit. Man kann sich hieraus erklären, weshalb jene erdigen Absätze in der Nähe der Endgeflechte des Hörnerven angebracht sind.

4019 Man hat es auch für möglich gehalten, daß die Krystalle Klangfiguren, welche der Verschiedenheit der Töne entsprechen, bilden [3]). Bedenkt man aber, daß sie immer durch zähere Bindemittel unverrückbar zusammengehalten werden, so ergiebt sich, daß jene Anschauungsweise dem Sachverhalte widerstreitet.

4020 Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, Fasern des Hörnerven in die häutigen halbcirkelförmigen Kanäle zu verfolgen. Ihre Geflechte verbreiten sich nur in dem Vorhofe und den Ampullen. Wir können daher nicht jene rücklaufenden Gänge mit denjenigen Gebilden, welche für die unmittelbare Auffassung der Töne bestimmt sind, ohne Weiteres zusammenstellen. Die Wissenschaft ist aber nicht im Stande, ihren Nutzen irgendwie mit Sicherheit anzugeben.

4021 Scarpa und dessen Nachfolger neigten sich zu der Annahme, daß sie die Wellen, welche das Felsenbein durchsetzen, aufnehmen und verstärkt den Ampullen und dem Vorhofe zuführen. Da sie in den verschiedensten Richtungen verlaufen, so wird immer ein Theil von ihnen unter den gün-

---

[1]) Ecker, in Müller's Archiv. 1844. S. 520. 521.
[2]) Cagniard-Latour, in den Annales de Chimie et Physique. Tome LVI. Paris, 1834. 8. pag. 295.
[3]) Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 515.

stigsten Bedingungen getroffen, der Wellenzug möge, welche Bahn er wolle, verfolgen. Autenrieth und Körner[1]), Wheastone und Hyrtl[2]) glaubten sogar, daß dieser Umstand unser Urtheil über die Richtung des Schalles bestimmen helfe. Einer der drei Kanäle wird von dem Wellenzuge lebhafter angeregt. Der Hörnerve empfängt von ihm aus die stärkeren Stöße. Er benachrichtigt uns auf diese Weise, von welcher Seite die Tönung herkommt.

Die Schwingungen des Felsenbeines können sich leichter auf die Schnecke, als auf die in der Perilymphe schwimmenden häutigen halbcirkelförmigen Kanäle übertragen. Man kann daher nicht die Anwesenheit dieser Gänge aus jener Betrachtung genügend erklären. Denken wir uns aber auch, ein Punkt des Kanales werde in jedem Falle am lebhaftesten erschüttert, so wird ein doppelter begünstigter Wellenzug durch seine beiden Oeffnungen in den Vorhof eindringen. Es fragt sich daher, ob die Stöße, die den Hörnerven treffen, so einseitig, als es jene Annahme voraussetzt, ausfallen.

Es ist möglich, daß die halbcirkelförmigen Kanäle die in sie ein- 4022
dringenden Wellen verdichten und dem Vorhofe von Neuem zuleiten. Die, welche in den Anfang eines Kanales eindringen und keinem Hindernisse ihrer Verbreitung begegnen, müssen an einem anderen Orte zu dem Vorhofe zurückkehren. Diese Verhältnisse können nicht bloß die Schwingungen verstärken, sondern auch die Dauer der Einwirkung auf den Hörnerven vergrößern und die Zahl der Stöße vermehren.

Die Glasfeuchtigkeit umspült die Endgeflechte der Nerven, die sich 4023
in den Ampullen und dem Vorhofe verbreiten. Die Nervenzweige dagegen, die dem Spiralblatte der Schnecke angehören, liegen in festen, mit Flüssigkeiten durchtränkten Geweben eingebettet. Verschiedenartige Zwischenmittel übertragen daher die Stöße, denen die Nervenmasse unmittelbar ausgesetzt wird, in beiden Fällen. Es ist möglich, daß dieser Umstand nicht bloß die Stärke, sondern auch die Art der Einwirkung bestimmt. Man kann sich vorstellen, daß der Klang eines Tones wechselt, je nachdem er von dem Vorhofe oder der Schnecke aufgefaßt wird.

Die Wellen der Perilymphe wirken nicht bloß auf den Vorhof und 4024
die halbcirkelförmigen Kanäle, sondern auch auf das Schraubenblatt der Schnecke. Da sie aber hier einem fremdartigen Mittel begegnen, so stoßen sie jedenfalls auf größere Hindernisse, als die Erschütterungen der Glasfeuchtigkeit, die sich den Nervenfasern der Ampullen und des Vorhofes unmittelbar mittheilen können. Betrachten wir dagegen die Schwingungen, welche die Festgebilde des Kopfes durchsetzen, so gelangen wir zu dem entgegengesetzten Ergebnisse. Die Schnecke kann sie ohne Unterbrechung aufnehmen. Die Flüssigkeit der Perilymphe trennt dagegen den Vorhof und die halbcirkelförmigen Kanäle von den ihnen entsprechenden Knochenhülsen.

---

[1]) Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 523.
[2]) Hyrtl, a. a. O. S. 128. 129.

4025 Dieser Unterschied führte E. H. Weber [1]) zu der Vermuthung, daß wir die Schallwellen, welche die festen Theile des Schädels durchdringen, vor Allem mittelst der Schnecke auffassen. Die harte und zusammenhängende Masse des Felsenbeines kann die Uebertragung der Schwingungen begünstigen. Es ist möglich, daß die passenderen Verhältnisse der Schnecke die Wahrnehmung leiserer Schwingungen der Art, welche der Vorhof und die Ampullen nicht mehr auffassen, zu sichern im Stande sind.

Man kann sich von den Vortheilen, welche die durch die Kopfknochen vermittelte Leitung gewährt, leicht überzeugen. Legen wir eine Uhr an die Stirnhaut, so wird ihr Schlag deutlicher und klangvoller, als unter gewöhnlichen Verhältnissen vernommen. Vergleicht man die einzelnen Stellen des Kopfes unter einander, so sieht man, daß sie sich in dieser Beziehung in sehr ungleicher Weise verhalten. Verschiedene Personen scheinen hier zu manchen untergeordneten Abweichungen zu führen. Verstopfe ich meine Ohren mit gekautem Papier, so daß ich das Picken einer Uhr, die dem Ohre nahe gehalten wird, gar nicht vernehme, so höre ich es schwach, so wie ich das Uhrglas an die Zähne oder den aufsteigenden Ast des Unterkiefers lege. Berührt es die Oberkieferzähne, so verstärkt sich die Tönung. Die nackten Stellen der Stirn-, der Scheitel- oder der Schläfenhaut gewähren noch größere Vortheile. Mit Haaren bedeckte Theile, Gebilde, die viel Fett besitzen, verhalten sich ungünstiger. Dichte Muskelmassen scheinen weniger zu stören. Ich höre wenigstens das Picken noch sehr deutlich, wenn ich die Uhr an die oberste Gegend des Nackens drücke [2]). Weicht die Feinheit der Empfindung an beiden Ohren ab, so können auch in dieser Hinsicht die beiden Seiten des Kopfes Unterschiede darbieten.

Lege ich die Uhr an eine der genannten Stellen des Kopfes unter den gewöhnlichen Verhältnissen an, so kommt es mir vor, als wenn ich den Schlag weniger stark und minder klangvoll bei offenen als bei verstopften Ohren hörte. Sollte vielleicht eine einseitige Leitung günstigere Verhältnisse, als eine doppelte, durch Luft und Festgebilde darbieten?

Man kann sich leicht überzeugen, daß der Ton eines musikalischen Instrumentes stärker klingt, so wie man es mit einem zwischen den Zähnen festgehaltenen Stabe berührt. Manche Taube bedienen sich dieses Mittels, um die Töne Anderer besser aufzufassen. Die stärkeren Erschütterungen der festen Körper übernehmen hier die Hauptrolle.

E. H. Weber [3]) vermuthete, daß wir unsere eigene Stimme durch die Kopfknochen und daher wahrscheinlich durch die Schnecke hören. Verstopfte er sich das eine Ohr, so hörte er durch dieses seinen Gesang besser, als durch das offene Gehörwerkzeug. Lincke [4]) und ich können dieses nicht wahrnehmen. Unsere eigene Sprache klingt uns bei geschlossenen Ohren schwächer, als sonst.

4026 Das Schraubenblatt hat offenbar den Nebenzweck, die Oberfläche, an der sich die Endgeflechte dieses Theiles des Hörnerven verbreiten, zu vergrößern. Die Länge der hier angebrachten Fasern wird mit der Breite, und die Zahl derselben mit der Ausdehnung oder der Menge der Windungen jenes Blattes zunehmen. Eine jede Erschütterung kann sich unter diesem Verhältnisse einer größeren Reihe von Fasern leicht mittheilen.

4027 Es läßt sich noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob ein Stoß, der eine einzelne Stelle des Schraubenblattes trifft, längs desselben abläuft und auf diese Weise die Zeitgröße des Eindruckes verlängert, ob mithin

---

[1]) E. H. Weber, a. a. O. p. 25 — 47.
[2]) Vergl. Chladni, Akustik. Leipzig, 1802. 4. S. 286. Arnold, a. a. O. S. 615.
[3]) E. H. Weber, a. a. O. pag. 43.
[4]) Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 526.

eine Wirkung, wie sie auch die halbcirkelförmigen Kanäle möglicher Weise für den Vorhof vermitteln, in der Schnecke zu Stande kommt. Berücksichtigt man den unmittelbaren Zusammenhang, in dem das Schraubenblatt mit den benachbarten Festgebilden steht, so läßt sich eher annehmen, daß die Wellen jener vorgeschriebenen Bahn nicht folgen, sondern sich allseitiger nach verschiedenen Punkten verbreiten.

Dem sei, wie ihm wolle, so werden sich die Erschütterungen in der 4028
festen Masse der Schnecke rascher, als in Mitteln von geringerer Dichtigkeit verbreiten und eine große Reihe von Punkten gleichzeitig oder in wenigen Augenblicken durchsetzen. Berücksichtigt man aber die verhältnißmäßig große Zahl von Fasern, die sich in diesem Theile des inneren Ohres ausbreitet, so kann man mit Recht vermuthen, daß die Schnecke die Eindrücke vervielfältigt und deren Wahrnehmbarkeit sichert. Es läßt sich dagegen nicht angeben, welche andere Vortheile aus jenen Verhältnissen hervorgehen.

Die Schallwellen, welche die Kopfknochen durchsetzen, müssen zwar 4029
die Schnecke am stärksten treffen; es unterliegt aber kaum einem Zweifel, daß auch die Schwingungen des Labyrinthwassers auf das Schraubenblatt übertragen und sogar durch die Resonanz desselben verstärkt werden können. Man muß daher wenigstens für jetzt annehmen, daß ein und derselbe Ton durch den Vorhof und die Schnecke zugleich aufgefaßt zu werden vermag und daß diese nicht ausschließlich für die Wellen der Kopfknochen bestimmt ist. Wir wissen aber nicht, ob wir nur eine Wirkung der Art geistig auffassen oder ob wir beide zu einem mittleren Eindrucke zu verbinden pflegen.

Gehörleiden. — Es versteht sich von selbst, daß eine vollständige Lähmung des Hörnerven Taubheit nach sich zieht. Es fragt sich dagegen, ob einer seiner beiden Hauptäste unthätig werden kann, ohne daß die Gehörempfindung verloren geht. Man hat angenommen [1]), daß die Zerstörung des Schneckenastes allein die Wahrnehmung der Töne nicht beseitigt. Da dieser Zweig nicht bloß die Schnecke, sondern auch das runde Säckchen des Vorhofes versorgt, so muß dann auch die Thätigkeit des weichen Labyrinthes wenigstens theilweise gestört sein. Künftige Erfahrungen werden überhaupt noch näher über die Richtigkeit jener Ansicht entscheiden müssen.

Man schreibt häufig Leiden des Gehörorgans, in denen sich keine Entartungen des äußeren und mittleren Ohres nachweisen lassen, dem Hörnerven selbst zu. Da aber gerade die wesentlichsten Theile des mittleren und inneren Ohres keiner genaueren Untersuchung im Leben unterworfen werden können, so bleiben die meisten dieser Bestimmungen im höchsten Grade zweifelhaft.

Es kommt vor, daß die gewöhnlichen Geräusche und Töne, die keine außerordentliche Wirkung in Gesunden hervorrufen, einzelne Kranke übermäßig aufregen. Man pflegt dieses Leiden aus einer regelwidrigen Empfänglichkeit des Hörnerven herzuleiten. Bedenken wir aber, daß die Entzündung einzelner Theile des Ohres und selbst nur die Durchbohrung des Trommelfelles diesen Uebelstand nach sich ziehen können, so müssen wir wenigstens annehmen, daß sich jener Satz nicht in allen Fällen bewährt.

Manche andere regelwidrige Zustände lassen sich für jetzt gar nicht erklären. Es ereignet sich, daß Kranke gewöhnliche Geräusche nicht hören, musikalische Töne dagegen befriedigend auffassen. Sie können einer Musik, nicht aber der Sprache eines Menschen

---

[1]) Esser in den Annales des sciences naturelles. Tome XXVI. Paris, 1832. 8. p. 59.

folgen. Willis [1]) beschrieb eine eigene Art von Schwerhörigkeit (Paracusis Willisiana), deren Ursachen noch nicht im Entferntesten angedeutet werden können. Der Mensch hört nur dann, wenn nebenbei viel Lärm gemacht wird, wenn sich das Geräusch der Waffen, der Klang der Hörner oder der Schlag der Trommel mit den gewöhnlichen Lauten vermischt. Es wäre sehr zu wünschen, daß die Ohrenärzte die Richtigkeit dieser Angaben und die Nebenverhältnisse, welche solche Kranke darbieten, näher zu prüfen suchten.

Jede Art von Schwerhörigkeit, welche die Auffassung stärkerer Geräusche unmöglich macht, kann zur Taubstummheit führen. Die anatomischen Untersuchungen müssen daher hier die verschiedenartigsten Ergebnisse liefern. Man findet in der Regel, daß einzelne Theile des mittleren oder des inneren Ohres an wesentlichen Entartungen leiden. Die beiden Gehörwerkzeuge eines und desselben Menschen weichen sogar meist in dieser Hinsicht unter einander ab. Man sah in Einzelfällen, daß das Trommelfell gänzlich mangelte, verdickt, verknöchert, angefressen oder durchbohrt war. Die Paukenhöhle enthielt Ausschwitzungen verschiedener Art. Die Eustachischen Trompeten zeigten sich verengt oder verschlossen. Die Gehörknöchelchen mangelten. Ihre Formen und ihre gegenseitigen Verbindungen wichen in anderen Fällen von der Regel ab. Der Steigbügel war mehr oder minder fest in das eirunde Loch eingewachsen. Eines oder beide Fenster können gänzlich fehlen. Das Nebentrommelfell verdichtete sich bisweilen in übermäßigem Grade. Fremdartige feste Absätze füllten die Räume, die sonst von dem Labyrinthwasser und der Glasfeuchtigkeit des Ohres eingenommen werden. Einzelne Schenkel der halbcirkelförmigen Kanäle hörten blind auf. Sie fehlten auch wohl gänzlich oder wurden nur durch blinde Gruben angedeutet. Es kann selbst vorkommen, daß das ganze innere Labyrinth mangelt oder nur theilweise ausgebildet ist. Ging Beinfraß voran, so hängt es von Nebenumständen ab, welche Theile die Anfressung zerstörte und welche neue Absätze erhielten oder mit regelwidrigen Knochenbildungen versehen wurden. Man sieht leicht, daß hier angeborene Mißbildungen und die Folgen späterer Krankheiten neben einander auftreten können. Es ereignet sich dagegen in selteneren Fällen, daß sich keine Störung in den Gehörwerkzeugen nachweisen läßt und daß man die Ursachen des Leidens den Fehlern der empfindenden Werkzeuge ausschließlich zuschreiben muß [2]). Dieses Verhältniß findet sich noch am häufigsten in cretinartigen Geschöpfen, die oft an Schwerhörigkeit und der hierdurch bedingten Unvollkommenheit der Sprache leiden. Hyrtl [3]) giebt an, daß die Gehörnerven aller Taubstummen atrophisch erscheinen und daß in ihnen die Hörstreifen der Rautengrube des verlängerten Markes vermißt werden.

Die meisten Entartungen, die wir in den Gehörwerkzeugen der Taubstummen antreffen, spotten allen Bemühungen der Kunst. Dieses berechtigt noch nicht, alle Kranke der Art ohne Weiteres für unheilbar zu erklären. Man darf sich aber andererseits nicht täuschen lassen, wenn solche Unglückliche starke Geräusche sogleich wahrnehmen. Sie können kräftigere Erschütterung mittelst ihres in dieser Hinsicht ausgebildeteren Tastsinnes auffassen.

Kranke der Art vertragen häufig chirurgische und arzneiliche Eingriffe leichter, als gesunde Menschen. Dieses gilt vorzüglich von denen, die zu gleicher Zeit an Geistesschwäche leiden. Taubstumme, deren Seelenkräfte gehörig entwickelt sind, pflegen nicht jene gemüthlichen Anlagen, die man in Blinden so häufig antrifft, zu besitzen. Der Verstand herrscht in ihnen häufig vor. Mißtrauen, Jähzorn, ein gewisser Grad von Tücke und Eigensinn gewinnen am leichtesten das Uebergewicht, wenn eine passende Erziehung nicht vollkommen durchgreifen konnte.

Man hat sich vielfach bemüht, schwerhörenden Menschen durch künstliche Vorrichtungen zu Hilfe zu kommen. Das Hörrohr, welches mit seinem engeren Theile in den äußeren Gehörgang eingesetzt wird, soll eine größere Menge von Schallwellen aufnehmen, sie nach seiner schmaleren Abtheilung hin verdichten und durch die Resonanz seines Luftraumes und seiner Wände verstärken. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, eine sichere akustische Theorie dieser Vorrichtung aufzustellen. Es erklärt sich hieraus, weshalb

---

[1]) Th. Willis, Opera medica et physica. Lugduni 1676. 4. De anima brutorum. pag. 99.

[2]) Vergl. z. B. Bochdalek in E. Schmalz, Beiträge zur Gehör- und Sprachheilkunde. Heft II. Leipzig, 1846. 8. S. 127. 128.

[3]) J. Hyrtl, Handbuch der topographischen Anatomie. Bd. I. Wien, 1847. 8. S. 196.

man die verschiedensten Formen vorgeschlagen hat und warum manche Ohrenärzte den Rath geben, Hörrohre der mannichfachsten Gestalt und Masse an einem und demselben Kranken zu versuchen, um zu einem befriedigenden Ziele zu gelangen. Man findet übrigens sehr oft, daß die Schwerhörigen alle Vorrichtungen der Art bei Seite legen oder sie nur selten anwenden, weil sie der anhaltende Gebrauch derselben belästigt. Dasselbe gilt von den Ohrschalen, den künstlichen Ohrmuscheln und ähnlichen Hilfsmitteln.

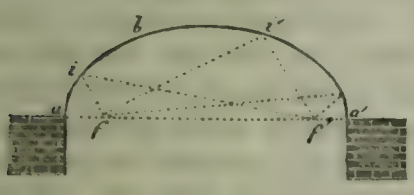
Wahrnehmbarkeit der Töne. — Sie hängt zunächst von der 4030
Stärke, mit der die Schallwellen den Hörnerven treffen, und der Empfänglichkeit der Empfindungswerkzeuge selbst ab. Lassen wir dieses zweite Bedingungsglied vorläufig bei Seite, so müssen wir vor Allem die ursprüngliche Anregung, den Einfluß, den die Zwischenmittel ausüben und die gegenseitige Wirkung der Wellenzüge berücksichtigen. Wir haben schon früher gesehen, wie sich die beiden zuerst genannten Verhältnisse geltend machen. Es bleibt uns daher nur noch übrig, das dritte Moment kurz zu betrachten.

Die Schallwellen der Luft, die unserem Ohre begegnen, verbreiten 4031
sich außerdem noch in der Atmosphäre, so sehr es die Nebenverhältnisse gestatten. Treffen sie hierbei ein Mittel von anderer Dichtigkeit, so werden sie theilweise zurückgeworfen. Sie können auf diese Weise unsere Gehörwerkzeuge zum zweiten Male anregen.

Berührt dieser zweite Wellenzug die Gehörwerkzeuge, nachdem der 4032
Eindruck, den der erste veranlaßte, vorübergegangen, so wirkt er gesondert als **Nachhall** oder als **Echo**. Er kann sich durch mehrfache Zurückwerfungen mehrere Male wiederholen. Die Stärke wird aber nie die der ersten Einwirkung erreichen. Sie muß mit der Zahl der Reflexionen abnehmen.

Denken wir uns, $aii'a'$, Fig. 332., sei ein Theil einer Ellipse, und 4033
f und f' die Brennpunkte derselben, und wir ziehen zwei gerade Linien, fi und $f'i$ oder fi' und $f'i'$, welche einen beliebigen Punkt des Umkreises mit den beiden Brennpunkten verbinden, so bilden fi und $f'i$ oder fi' und $f'i'$ gleiche Winkel mit den in i oder i' auf den Tangenten senkrecht stehenden Linien. Da nun der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel der Schallstrahlen gleicht, so wird ein ellipsoidisches Gewölbe die Eigenthümlichkeit darbieten, daß die zurückgeworfenen Wellen der Sprache eines Menschen, der sich in dem einen Brennpunkte f befindet, in dem zweiten Brennpunkte f' deutlicher, als an jedem anderen entfernteren Orte vernommen werden.

Fig. 332.



Die ursprünglichen und die zurückgeworfenen Wellen können sich wech- 4034
selseitig unterstützen oder aufheben, je nachdem ihre gleichen oder un-

[1]) Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Dritte Auflage. Bd. I. Braunschweig, 1847. 8. S. 298 — 306.

gleichen Schwingungsverhältnisse zusammenfallen. Die Interferenzen erklären z. B. die stehenden Luftwellen, die in gedeckten Pfeifen zu Stande kommen [1]). Sie treten nicht minder in vielen anderen akustischen Erscheinungen hervor und ändern die Wahrnehmbarkeit der Töne aus objectiven Gründen.

4035 Führt man eine Klangscheibe senkrecht an dem Ohre vorüber, so hört man die Tönung schwächer oder gar nicht, so wie die Knotenlinien der Achse des Gehörganges gerade gegenüber stehen. Dreht man eine tönende Stimmgabel, die in gleicher Höhe mit der Ohrmuschel und in derselben Entfernung gehalten wird, um ihren Längendurchmesser, so steigt und fällt die Tönung während der Dauer der Kreisbewegung.

Das Nähere dieser in die Physik gehörenden Thatsachen s. in E. H. und W. Weber, Wellenlehre. Leipzig, 1825. 8. S. 506. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 447 fgg. Dove's Repertorium der Physik. Band III. Berlin, 1839. 8. S. 71. und 91 — 93. R. Kane, in Poggendorff's Annalen. Bd. LV. Leipzig, 1842. 8. S. 152 — 157.

4036 Wir haben §. 3836. gesehen, daß das Auge nur eine gewisse Reihe von Farben aufzufassen im Stande ist. Es giebt mithin einen kleinsten und einen größten Werth der Aetherschwingungen, den unser Gesichtswerkzeug wahrnehmen kann. Der Grund dieser Unvollkommenheit liegt aber wahrscheinlich nicht in den empfindenden, sondern in den brechenden Werkzeugen des Sehorgans (§. 3504.).

Es fragt sich, ob eine ähnliche Beschränkung für die Töne wiederkehrt. Der tiefste Ton einer 32füßigen Orgelpfeife hat in der Secunde 32 oder 33 Schwingungen (§. 3123.) oder 16 einseitige Stöße. Savart [1]) fand 14 bis 16 Schwingungen als die niederste Grenze, die für das menschliche Gehörwerkzeug angenommen zu werden vermag. Die größte Höhe stieg auf 64000 [2]). Despretz [3]) dagegen verlegt die beiderseitigen Endwerthe auf 32 und 73000. Es unterliegt übrigens kaum einem Zweifel, daß sich die höchsten Töne, die man mit den bis jetzt angewandten Vorrichtungen erreichte, nicht sowohl wegen der übermäßigen Zahl der Schwingungen, als ihrer geringen Stärke halber der Auffassung der Beobachter entzogen haben. Die Ergebnisse wechseln übrigens mit der Verschiedenheit der Personen. Die Gehörwerkzeuge eines und desselben Menschen können ungleiche Maxima und Minima zu verschiedenen Zeiten liefern.

4037 Das menschliche Ohr ist hiernach im Stande, einen Tonwechsel von ungefähr 12 Octaven zu unterscheiden. Wir haben aber früher gesehen (§. 3839.), daß die Empfänglichkeit, die das Auge für die Farbeneindrücke besitzt, weniger, als eine Octave beträgt. Es ergiebt sich hieraus, daß das Ohr eine weit größere Breite der Empfindung für den Rhythmus der Wellenbewegungen, die seiner Einrichtung entsprechen, darbietet.

[1]) Savart, in den Annales de Chimie et Physique. Tome XLVII. Paris, 1831. 8. pag. 69 — 74.
[2]) Savart, Ebendaselbst. Tome XLIV. Paris, 1830. 8. pag. 340.
[3]) Despretz, in L'Institut. 1845. Nro. 592. pag. 158.

Setzen wir die Zahl des Grundtones gleich 1, so haben wir 4096 als Endglied der 12 Octaven. Nehmen wir nun in runder Zahl an, daß sich die Schwingungsmengen der sichtbaren Farben wie 1 : 1,6 verhalten, so finden wir, daß die Breite der Empfänglichkeit der rhythmischen Beziehungen beinahe 2600 mal so groß im Ohre, als im Auge ausfällt.

Feinheit der Tonunterscheidung. — Sie hängt in hohem 4038
Grade von der Anlage des Menschen ab. Während ein unmusikalisches Ohr Töne von verhältnißmäßig nicht unbedeutenden Höhenunterschieden zusammenwirft, kann ein feineres Gehör noch Tönungen, die nur um $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{300}$ ihrer Schwingungszahlen abweichen, von einander trennen. Personen, welche diese ihre Anlagen weiter ausgebildet haben, führen zu noch kleineren Grenzwerthen. Delezenne nimmt in dieser Hinsicht $\frac{1}{320}$ und Seebeck [1]) sogar $\frac{1}{1209}$ nach Erfahrungen, die er an sich und Anderen machte, an. Das menschliche Ohr ist hiernach im Stande, die Ungleichheit zweier Töne, deren Schwingungszahlen sich wie 1 : 1,00085 verhalten, unter sehr günstigen Bedingungen aufzufassen. Diese Grenze wechselt übrigens wahrscheinlich mit der Verschiedenheit der Tonhöhen, für welche sich das Ohr vorzugsweise eingeübt hat.

Dauer des Toneindruckes. — Wie die Gesichtsanschauungen 4039
eine Zeit lang anhalten (§. 3804.), so kehrt etwas Aehnliches für das Gehör wieder. Liegen auch kleine Zwischenzeiten der Ruhe zwischen den einzelnen Erschütterungen, aus denen eine Tönung hervorgeht, so bemerken wir doch diese Unterbrechungen nicht, so lange sie eine gewisse Größe nicht überschreiten. Wir werden später sehen, daß sich die Wellen zweier Töne, die gleichzeitig beginnen, deren Schwingungszahlen aber unter einander abweichen, zu gewissen Augenblicken interferiren. Wir hören dessen ungeachtet keine Lücke. Die Tönung wird nur in dem entsprechenden Augenblicke schwächer. Sie verliert sich aber nie gänzlich.

Der Nachklang, der auf diese Art von der Dauer des Toneindruckes 4040
abhängt, nimmt immer mehr an Kraft ab, bis er endlich zuletzt völlig verschwindet. Es ist noch nicht gelungen, die Zeit, während welcher er anhält, genauer zu messen.

Musikalische Tonverhältnisse. — Die gegenseitigen Bezie- 4041
hungen der Schwingungsmengen der Töne bilden hier die Grundlage, auf der die Art des Eindruckes fußt. Einfachere Verhältnisse führen zu angenehmen und verwickelte zu störenden Empfindungen. Es hängt übrigens von dem Empfänglichkeitsgrade des Ohres, von der Feinheit des musikalischen Gehörs ab, in welchem Umfange sich diese Einflüsse geltend machen.

Die Octaven schreiten nach geometrischen Progressionen, die 2 zum 4042
Exponenten haben, fort. Sie klingen dem Ohre, wie verschiedenartige Wiederholungen derselben Tönung. Da dieses für jeden beliebigen Grundton gilt, so erklärt sich hieraus, weshalb die musikalischen Zwischentöne nur für eine Octave angegeben zu werden brauchen.

Das gegenseitige Verhältniß der Schwingungsmengen zweier Töne 4043

[1]) Seebeck, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXVIII. S. 462 — 465.

heißt das Intervall derselben. Besäße das Ohr ein unbedingtes Unterscheidungsvermögen, so müßten alle hier denkbaren Zwischenstufen wahrgenommen werden. Wir haben aber schon §. 4038. gesehen, daß dieses nicht der Fall ist. Die Musik wird aus diesem Grunde genöthigt, hinreichend kleine Intervallenunterschiede zu vernachlässigen.

4044 Ein Intervall von dem Verhältnisse $\frac{81}{80} = 1 : 1{,}0125$ heißt ein syntonisches Komma. Man nimmt an, daß dann das Ohr die Abweichung ohne besondere Aufmerksamkeit nicht mehr bemerkt. Vergleichen wir hiermit den §. 4038. angeführten kleinsten Werth der möglichen Tonunterscheidung, so sehen wir, daß er ungefähr $1/15$ eines solchen Kommaunterschiedes beträgt.

4045 Keiner der Zwischentöne, von denen die Musik Gebrauch macht, führt zu so niederen Werthen, als ein syntonisches Komma. Töne, welche in dieser Hinsicht am tiefsten stehen, wie z. B. cis und des, haben noch Abweichungen von 0,025.

Anhang Nr. 126.

4046 Die einzelnen Haupttöne der Octavenreihe schreiten nicht in gleich großen Intervallen fort. Stellen wir die Werthe, die sich aus den §. 3044. angeführten Zahlen ergeben, zusammen, so erhalten wir:

$$c : d = 1 : \tfrac{9}{8} = 24 : 27 = 1 : 1{,}125.$$
$$d : e = 1 : \tfrac{10}{9} = 27 : 30 = 1 : 1{,}111.$$
$$e : f = 1 : \tfrac{16}{15} = 30 : 32 = 1 : 1{,}067.$$
$$f : g = 1 : \tfrac{9}{8} = 32 : 36 = 1 : 1{,}125.$$
$$g : a = 1 : \tfrac{10}{9} = 36 : 40 = 1 : 1{,}111.$$
$$a : h = 1 : \tfrac{9}{8} = 40 : 45 = 1 : 1{,}125.$$
$$h : \overline{c} = 1 : \tfrac{16}{15} = 45 : 48 = 1 : 1{,}067.$$

Wir sehen hieraus, daß e und f oder h und $\overline{c}$ das kleinere Intervall 1 : 1,067, die übrigen dagegen das größere 1 : 1,111 oder 1 : 1,125 darbieten. Der Unterschied dieser beiden letzten Größen gleicht beinahe einem syntonischen Komma. Vernachlässigt man ihn, so erhält man zwei Klassen von Haupttönen, eine mit größeren und eine mit kleineren Intervallen. Man nennt daher auch jene die Intervalle eines ganzen und diese die eines großen halben Tones.

4047 Die Musik schaltet noch Zwischentöne zwischen jenen Haupttönen ein. Man hat dieses daraus erklärt, daß nur auf diese Weise die verschiedenen Octaven der einzelnen Grundtöne wenigstens annähernd ausgeglichen werden können. Bestimmen wir z. B. die verhältnißmäßigen Schwingungsmengen von c bis $\overline{g}$, so haben wir:

c.	d.	e.	f.	g.	a.	h.	$\overline{c}$.	$\overline{d}$.	$\overline{e}$.	$\overline{f}$.	$\overline{g}$.
1.	$9/8$.	$5/4$	$4/3$.	$3/2$.	$5/3$.	$15/8$.	2.	$9/4$.	$5/2$.	$2/3$.	3.

Legen wir dann g als Einheit zum Grunde, so ergiebt sich:

g.	a.	h.	$\overline{c}$.	$\overline{d}$.	$\overline{e}$.	$\overline{f}$.	$\overline{g}$.
1.	$\frac{10}{9}$.	$\frac{5}{4}$.	$\frac{4}{3}$.	$\frac{3}{2}$.	$\frac{5}{3}$.	$\frac{16}{9}$.	2.

Lassen wir wiederum den geringen Unterschied, den $\frac{9}{8}$ und $\frac{10}{9}$ ergeben, bei Seite, so stimmen beide Octavenreihen bis auf die dem Octaventone vorangehende Größe. Das Intervall von a und h gleicht $1 : \frac{15}{8} \times \frac{3}{5} = 1 : \frac{9}{8} = 1 : 1{,}125$ und das von $\overline{e}$ und $\overline{f} = 1 : \frac{16}{9} \times \frac{3}{5} = 1 : \frac{16}{15} = 1 : 1{,}067$. Wir haben daher ein Intervall eines ganzen Tones in der ersten und ein solches eines großen halben Tones in der zweiten Reihe. Nehmen wir dagegen einen halben Ton mehr und setzen $\overline{\text{fis}}$ statt $\overline{f}$, so finden wir $\frac{25}{9} \times \frac{2}{3} = \frac{50}{27}$. Wir erhalten daher für $\overline{e}$ und $\overline{\text{fis}}$ $1 : \frac{50}{27} \times \frac{3}{5} = 1 : \frac{10}{9} = 1 : 1{,}111$, d. h. ein Intervall, das nur in untergeordnetem Grade von dem entsprechenden Intervalle der ersten Reihe abweicht. Die richtige Octavenreihe lautet daher g, a, h, $\overline{c}$, $\overline{d}$, $\overline{e}$, $\overline{\text{fis}}$, $\overline{g}$.

Die passende Vereinigung mehrerer Töne bildet einen Accord, eine 4048
Reihe angenehmer Tönungen eine Melodie und eine Folge wohlklingender Accorde eine Harmonie.

Die Natur der Intervalle bestimmt die Consonanz oder die Dis- 4049
sonanz. Lassen sie sich auf Bruchstücke der ununterbrochenen Reihe 1, 2, 3, 4, 5, 6 zurückführen, so erregen sie angenehme Eindrücke. Ueberspringen dagegen ihre Werthe eine oder mehrere Zwischenzahlen, so gehören sie zu den dissonirenden Verbindungen. 4, 5, 6 giebt daher eine Consonanz, 1, 3, 5 dagegen eine Dissonanz.

Betrachten wir die oben angeführte c Tonleiter und verbinden zu- 4050
nächst je zwei Haupttöne mit einander, so geben c und g = 2 : 3, c und f = 3 : 4, c und e = 4 : 5, a und $\overline{c}$ = 5 : 6 consonirende, c und a dagegen oder d und h = 3 : 5 dissonirende Verhältnisse. c, f und a oder d, g und h haben 3 : 4 : 5, c, e und g 4 : 5 : 6, während c, g und a 6 : 9 : 10, c, e und f 12 : 15 : 16 und c, es und e 20 : 24 : 25 darbieten.

Wir sehen hieraus, daß unter diesen Verhältnissen die Terz, die Quarte oder die Quinte mit dem Grundtone, die Terz und die Quinte oder die Quarte und die Serte unter einander consoniren, die Secunde und die Septime dagegen dissoniren.

Man kennt noch nicht die Ursachen, aus denen der Unterschied der 4051
consonirenden und der dissonirenden Tonverbindungen hervorgeht. Es wäre möglich, daß die oben erwähnte geordnete und einfache Reihenfolge der Intervalle, welche die Consonanz bestimmt, keine besondere Einrichtung der Gehörwerkzeuge nöthig macht, damit deren vorbereitende Gebilde passend mitschwingen. Die Sprünge, welche die Dissonanzen erzeugen, müßten nach dieser Vorstellung den gleichen Vortheil nicht gewähren. Es

fragt sich aber, ob nicht der Grund der Erscheinung tiefer in den Nervengebilden selbst gesucht werden muß.

4052 Der Einklang bildet den einfachsten, nicht unangenehmen Eindruck. Die gleichzeitige Auffassung übereinstimmender Octaventöne reiht sich an ihn unmittelbar an. Wir haben aber schon früher gesehen, daß das Ohr durch diese Verbindung ihrer Einförmigkeit wegen nicht völlig befriedigt wird. Erinnern wir uns der §. 4049. erwähnten Grundbedingungen der Consonanz und der Dissonanz, und berücksichtigen wir, daß erst diese vollkommenere Vereinigung von Tönen dem gebildeteren Gehörwerkzeuge genügt, so ergiebt sich, daß die Annehmlichkeit der Empfindung ihre wahre Befriedigung nur dann erlangt, wenn die Töne eine gewisse Mannichfaltigkeit erreichen und ihre gegenseitigen Beziehungen weder zu einfach, noch zu verwickelt ausfallen.

4053 Da sich die Quinte zum Grundtone, wie $1 : 1\frac{1}{2}$ verhält, so liefert sie die zweckmäßigste Einschaltung, die zwischen zwei Octaven möglich ist. Die Terz bildet dann den natürlichsten Mittelton zwischen ihr und dem Grundtone. Wir haben dann $1 : 1\frac{1}{4} : 1\frac{1}{2}$ oder $4 : 5 : 6$. Diese dreifache Verbindung der Töne heißt der harmonische Dreiklang.

4054 Man hat den Versuch gemacht [1]), die Reihenfolge der Haupttöne, welche die Musik zwischen den beiden Octaven der c dur Tonleiter einschaltet, aus wechselseitigen Dreiklängen herzuleiten. Nehmen wir zunächst den eben erwähnten harmonischen Dreiklang und fügen die zweite Octave hinzu, so erhalten wir:

c	e	g	$\overline{c}$	
1.	$\frac{5}{4}$.	$\frac{3}{2}$.	2.	oder:
24.	30.	36.	48.	

Dieses giebt noch keine vollständige Tonleiter, weil die Sprünge zu groß und unter sich zu ungleich ausfallen. Ist man auf diese Weise genöthigt, untergeordnete Töne einzuschalten, so stellt man einen Dreiklang, für welche die Quinte als das natürlichste Mittelglied der beiden Octaven die Grundlage bildet, her. Man findet dann:

d.	g.	h.
$\frac{9}{8}$.	$\frac{3}{2}$.	$\frac{15}{8}$.
27.	36.	45.

Es wird daher die Reihe

c.	d.	e.	g.	h	$\overline{c}$.
24.	27.	30.	36.	45.	48.

umfassen. e und g, so wie g und h bieten aber dann immer noch beträchtlichere Unterschiede, als die übrigen Haupttöne dar. Sucht man daher neue Mitteltöne, so schaltet man einen Ton f zwischen e und g ein. Dieser verhält sich zur zweiten Octave, wie der Grundton und zur Quinte. Sein Werth gleicht daher $\frac{4}{3}$. Man versieht ihn aber zugleich

[1]) Chladni, Akustik. Seite 14.

mit seiner Terz, um den zwischen g und h bestehenden Sprung zu verkleinern. Der Zwischenton a erhält daher $^5/_3$. Es ergiebt sich hieraus:

c.	d.	e.	f.	g.	a.	h.	c.
1.	$^9/_8$.	$^5/_4$.	$^4/_3$.	$^3/_2$.	$^5/_3$.	$\frac{15}{8}$.	2. oder
24.	27.	30.	32.	36.	40.	45.	48.

als vollständigere Tonleiter.

Führen wir die Octavenreihe von f an fort, so erhalten wir:

f.	g.	a.	h.	$\overline{c}$.	$\overline{d}$.	$\overline{e}$.	$\overline{f}$.	$\overline{g}$.	$\overline{a}$.	$\overline{h}$.	$\overline{\overline{c}}$.	$\overline{\overline{d}}$.
$^4/_3$.	$^3/_2$.	$^5/_3$.	$^{15}/_8$.	2.	$^9/_4$.	$^5/_2$.	$^8/_3$.	3.	$^{10}/_3$.	$^{15}/_4$.	4.	$^9/_2$.

Ueberspringen wir je einen Hauptton, so haben wir:

$$\overline{f} : \overline{a} : \overline{\overline{c}} = {}^4/_3 : {}^5/_3 : 2 = 4 : 5 : 6.$$
$$\overline{c} : \overline{e} : \overline{g} = 2 : {}^5/_2 : 3 = 4 : 5 : 6.$$
$$\overline{g} : \overline{h} : \overline{\overline{d}} = 3 : \frac{15}{4} : {}^9/_2 = 4 : 5 : 6.$$

Wir finden auf diese Weise drei harmonische Dreiklänge, in denen die sieben Haupttöne vorkommen.

Die eingeschalteten Zwischentöne gehen natürlich aus der Erniedri- 4055
gung oder der Erhöhung der einzelnen Haupttöne hervor. Man hängt demgemäß es oder is dem Namen des Haupttones an. Wir bekommen auf diese Weise ces, c und cis, des, d und dis u. s. f. Ihre Schwingungsmengen sind in dem Anhange Nr. 126. verzeichnet.

Der Uebergang eines Haupttones zu dem benachbarten Zwischenton, 4056
z. B. von ces zu c oder von c zu cis heißt die *chromatische Fortschreitung*. Diejenigen dagegen, welche zwei angrenzende Zwischentöne wie cis und des verbindet, wird mit dem Namen der *unharmonischen* bezeichnet.

Wir haben schon §. 4047. gesehen, daß die Tonleiter diese Vollständigkeit nöthig hat, damit jeder beliebige Ton als Grundton einer harmonischen Octavenreihe dienen könne. Da aber der Zwischenton seinem benachbarten Nebentone nahe ist, so kann er diesen häufig vertreten, ohne daß das Ohr durch eine auffallende Dissonanz beleidigt wird. Der Wechsel der Tönungen ändert nur den Eindruck, den die musikalische Zusammenstellung ausübt. Die anregende freudige Einwirkung der Dur-Tonarten geht aus diesen Gründen in die zarteren und traurigeren der Molltöne über.

Der Dur-Dreiklang besteht aus dem Grundton, der großen Terz 4057
und der Quinte, z. B. c, e und g oder den Intervallzahlen 4 : 5 : 6. Der zweite Ton verhält sich daher zum ersten, wie $^5/_4$: 1 oder wie die große Terz zum Grundton und der dritte zum zweiten, wie $^6{}_5$: 1 oder wie die kleine Terz zur Grundtönung. Wir können daher den Dur-Dreiklang als eine Verbindung eines Grundtones mit zwei verhältnißmäßigen Terzen, von denen die große der kleinen vorangeht, betrachten. Macht man dagegen die Verhältnisse der beiden äußersten Töne zu dem Mittelton gleich, nimmt man $4 : \frac{4 \times 6}{5} : 6 = 4 : \frac{24}{5} : 6 = 20 : 24 : 30$ Anhang Nr. 126
$= 1 : {}^6/_5 : {}^3/_2$ an, so haben wir den Moll-Dreiklang c, es und g. c und

es verhalten sich wie der Grundton zur kleinen und es und g wie jener zur großen Terz. Wir finden daher hier die umgekehrten gegenseitigen Beziehungen der beiden relativen Terzen Man sieht zugleich, daß die einfachere Reihenfolge des Dur-Dreiklanges dem Ohre faßlicher, als die verwickeltere der Molltöne vorkommen muß.

4058 Schreitet man in gleichen entsprechenden Intervallen der Haupttöne fort, so gelangt man nicht genau zu den geforderten Octaven, sondern zu gewissen Größen, die um einzelne Zahlen von den theoretisch verlangten Werthen abweichen. Der Unterschied, auf den man hier stößt, wird ein Komma genannt.

4059 Gehen wir z. B. in großen Terzen von c aus fort, so haben wir

Anhang Nr. 126 $^5/_4 = g$ als erstes, $\frac{5 \times 5}{4 \times 4} = gis$ als zweites und $\frac{25 \times 5}{16 \times 4} = \frac{125}{64}$

als drittes Glied. Dieser Ton liegt aber zwischen ces $\left(\frac{48}{25}\right)$ und $\bar{c}$ $\left(\frac{128}{64}\right)$. Vier kleine Terzen führen zu $\left(\frac{6}{5}\right)^4 = \frac{1296}{625}$, während die Octave $\frac{1296}{648}$ fordert.

4060 Will man unter diesen Verhältnissen reine Octaven erreichen, so muß man die arithmetischen Werthe der einzelnen Intervalle nach Maaßgabe der Umstände erhöhen oder vertiefen. Man nennt diese Veränderung der einzelnen Intervalle die Schwebung und die Gesammtreihe der Unterschiede die Temperatur. Diese wird gleichschwebend, wenn die Unrichtigkeiten auf die einzelnen Töne gleichförmig vertheilt sind und ungleichschwebend, sobald diese Regelmäßigkeit hinwegfällt. Man bedient sich in der Regel nur gleichschwebender Temperaturen, in denen die einzelnen Abweichungen von den richtigen Tönen dem Ohre nicht mehr auffallen. Die ungleichschwebende Temperatur begünstigt die Reinheit einzelner Töne auf Kosten der übrigen. Chladni billigt keinen Vorschlag, den man in dieser Hinsicht zu verschiedenen Zeiten gemacht hat.

Das Nähere dieser musikalischen Verhältnisse findet sich vor Allem in Chladni's Akustik. S. 11 — 56. Vergl. auch die kurze Uebersicht in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 331—343. und G. Lamé, Cours de Physique de l'école polytechnique. Deuxième Edition. Tome II. Paris, 1840. 8. p. 53—72. Die verschiedenen Schwingungsmengen der einzelnen angenommenen musikalischen Töne, wie sie die Bedingungen der gleichschwebenden Temperatur fordern, finden sich verzeichnet bei Chladni, a. a. O S. 27 und 47. Gehler's Wörterbuch a. a. O. S. 340 und 342. C. Kützing, das Wissenschaftliche der Fortepiano-Baukunst. Bern, 1844. 8. S. 14.

4061 Verbindung mehrerer Töne. — Werden zwei Töne, die im Einklang stehen, gleichzeitig hervorgebracht, so können die übereinstimmenden Theile ihrer Wellen zusammenfallen und sich unmittelbar verstärken. Geschieht dieses nicht, so ist es möglich, daß sie in entsprechenden Reihen dahin laufen und den Nachklang begünstigen. Die Resonanz beruht auf dieser Art von Wirkungen. Die Bewegungen eines mittönenden Körpers sind zwar im Anfange aus der Periode, welche seiner eigenen Schwin-

gungsmenge in der Luft zukommt und der des ursprünglich tönenden Körpers zusammengesetzt. Sie geht aber bald in diese allein ihrer Dauer nach, nicht aber rücksichtlich der Ab- und Zunahme ihrer Geschwindigkeit über [1]).

Erklingen zwei verschiedene Töne gleichzeitig, so ist das Ohr im 4062
Stande, den einen durch den anderen hindurch zu hören. Es läßt sich hierbei nicht bestimmen, ob beide mittelst eines und desselben oder mittelst verschiedener Theile der inneren Gehörwerkzeuge wahrgenommen werden. Werden viele Töne auf ein Mal angestimmt, so vermag die Aufmerksamkeit einen von ihnen zu bevorzugen. Leitet man denselben Schall gleichzeitig durch die Luft und durch einen festen Körper zum Ohre, so unterscheidet man zwei Töne von verschiedener Stärke und ungleichem Klange.

Fig. 333.

Wirken zwei Töne, die nicht völlig im Einklang 4063
sind, deren Schwingungsmengen aber einander nahe stehen, zusammen ein, so hört man ein abwechselndes Anschwellen und Nachlassen der Tönung. Fig. 333. kann uns den Grund dieser Schwebung, dieser Stöße oder Schläge versinnlichen.

Gesetzt die beiden dünneren Linien bezeichnen die Wellen der beiden ungleichen Töne, so werden sie sich bei *a* und *f* und bei *b* und *d* verstärken, bei *c* dagegen auf dem Wege der Interferenz schwächen oder aufheben. Es kann daher die dickere Linie die gemeinschaftliche Wirkung beider ausdrücken. Die Tönung muß von *a* nach *c* ab- und von *c* nach *f* zunehmen. Beiderlei Wellen werden am Anfange und an dem Ende des Einheitszeitraumes, z. B. der Secunde zusammenfallen.

Die Zahl der Stöße, die in einer gegebenen Zeit auftritt, gleicht dem Unterschiede der Wellenmengen, welche in derselben Periode den anregenden Tönen zukommen. Wir haben daher nur einen Schlag in den Fig. 333. beispielsweise dargestellten Schema. Es ergiebt sich hieraus, daß die Stöße um so langsamer auftreten und um so leichter vereinzelt wahrgenommen werden, je weniger die beiderseitigen Schwingungszahlen verhältnißmäßig unter einander abweichen. Wiederholen sie sich im Gegentheil so rasch, daß sie das Ohr nicht mehr einzeln verfolgen kann, so vernimmt man eine dritte Tönung. Man be-

[1]) Seebeck, in Poggendorff's Annalen. Band LXII Leipzig, 1844. 8. S. 305.

zeichnet diese mit dem Namen eines Combinationstones oder eines Tartini'schen Tones.

4064 Denken wir uns z. B. die obere Punktreihe, Fig. 334. stelle die

Fig. 334.

Maxima der Verdichtungen eines Tones, der die Quinte der zweiten Punktreihe bildet, dar, so fällt immer der dritte Stoß von jener mit dem zweiten von dieser zusammen. Das Ohr hört dann die verstärkten Stöße mit Intervallen, wie sie der dritten Punktreihe zukommen, d. h. folgen diese Stöße so rasch, daß nur ein einfacher Eindruck zu Stande kommt, so faßt das Gehörorgan die nächst tiefere Octave des Tones der mittleren Reihe als Combinationston auf.

4065 Diese Erscheinungen können bei den Tönen der Pfeifen oder der Geigen, nicht aber bei denen der Claviere [1]) wahrgenommen werden. Stimmt man z. B. die $\bar{d}$ Saite einer Violine in $\bar{e}$ und streicht sie dann mit der $\bar{a}$ Saite anhaltend und gleichmäßig an, so kommt zunächst das tiefe A als Tartini'scher Ton zum Vorschein. Macht $\bar{a}$ 880 und $\bar{e}$ 880 $\times \frac{3}{4} = 660$ Schwingungen in der Secunde, so gleicht der Combinationston A $= 880 - 660 = 220$ Schwingungen.

4066 Der Tartini'sche Ton, der sich auf diese Weise bildet, kann fernere Combinationstöne erzeugen. Nehmen wir an, die beiden ursprünglichen Töne hätten r und s Schwingungsmengen, so gleicht der erste Combinationston $s - r$. Verbindet sich dieser mit r, so erhalten wir für den zweiten $r - (s - r) = 2r - s$., für den dritten $s - (2r - s) = 2(s - r)$ u. s. f.

4067 Die immer tieferen Combinationstöne werden um so schärfer hervortreten, je genauer die Maxima der Verstärkungen, durch die sie bedingt werden, zusammenfallen. Da aber diese Bedingung bald pünktlicher, bald minder sorgfältig in der Musik erfüllt wird, so erklärt sich die Veränderlichkeit, die sich in dieser Beziehung kund giebt. Die meisten Tartini'schen Töne pflegen überhaupt nur bei besonderer Aufmerksamkeit wahrgenommen zu werden.

Eine ausführliche Darstellung der Einzelnheiten der Combinationstöne liefern Dove und Seebeck in dem Repertorium der Physik. Bd. III. Berlin, 1839. 8. S. 1 — 53. u. Bd. VI. 1842. 8. S. 90 — 100.

4068 Wir haben schon §. 3037. gesehen, daß Saiten Nebentöne erzeugen, weil sie nicht bloß in ihrer ganzen Länge, sondern auch in untergeordneten Theilen gleichzeitig schwingen. Man hört dann Töne, die sich wie 1 : 3 : 5 verhalten, am leichtesten, schwieriger dagegen die, welche 2 und 4 entsprechen. Aehnliche Verhältnisse kehren auch in anderen tönenden Körpern, wie z. B. in Orgelpfeifen, in Glocken und dgl. wieder.

---

[1]) Gehler's Wörterbuch a. a. O. S. 318.

Die Schnarr- oder Klirrtöne [1]), deren Erklärung noch nicht voll- 4069
ständig ermittelt worden, bilden sich bei dem periodischen Anklopfen eines schwingenden Körpers an eine andere dichte Masse. Schlägt eine erzitternde Saite gegen einen in ihrer Mitte passend angebrachten Steg, so hört man nach Chladni die untere Quinte des Grundtones außer der höheren Octave desselben. Nörremberg vernahm bei diesem Versuche die höhere Quarte, Seebeck endlich beide Tönungen zugleich, die tiefere Quinte jedoch deutlicher, als die feinere Quarte. Stimmgabeln, die gegen einen Tisch angeschlagen werden, können ebenfalls Klirrtöne liefern.

Ueber diese Verhältnisse s. Repertorium der Physik. Band III. Berlin, 1839. 8. Seite 53 — 55.

Nähert man sich während eines starken Geräusches einem Gegenstande, 4070
der die Schallwellen zurückzuwerfen im Stande ist, so hört man mitten aus dem Getöse einen Ton heraus. Eine senkrechte Wand und das Toben des Meeres, das Rauschen eines Wasserfalles, der Wind, der die Bäume bewegt, eignen sich zu diesen Beobachtungen am besten. Savart fand, daß sich die verhältnißmäßigen Entfernungen des Ohres von der zurückwerfenden Oberfläche wie die relativen Wellenlängen der Töne verhalten. Diese erhöhen sich mithin, so wie sich der Mensch der Mauer nähert. Seebeck erklärt diese Erscheinungen aus der Interferenz der ursprünglichen und der zurückgeworfenen Wellen.

Siehe das Nähere in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. Seite 19 — 27. Seebeck, in Poggendorff's Annalen. Bd. LIX. 1843. 8. S. 177. Bd. LXVII. 1846. 8. S. 145. und Bd. LVIII. 1846. 8. S. 465.

Entfernung und Richtung des Schalles. — Die Stärke 4071
desselben bestimmt hier fast ausschließlich das Urtheil, das wir über den Abstand des tönenden Körpers fällen. Wir halten daher eine schwächere Tönung für entfernter und eine kräftigere für näher. Es versteht sich von selbst, daß dieser Maßstab nur zu allgemeinen Bestimmungen führen und häufig genug zu Irrthümern verleiten muß. Ein Wagen, der über die Straße fährt, scheint uns in größerer Ferne vorüberzugehen, wenn die Fenster geschlossen, als wenn sie geöffnet sind. Die Bauchredner dämpfen ihre Stimme absichtlich, damit auf diese Weise die Tönung in größere Abstände versetzt werde.

Aehnliche Verhältnisse leiten uns auch bei der Bestimmung der Rich- 4072
tung eines Schalles. Wir wenden den Kopf und prüfen auf diese Weise, bei welcher Stellung die Tönung am deutlichsten vernommen wird. Wir versetzen sie dann in die Verlängerung der Achse des äußeren Gehörganges, weil sich die Schallstrahlen der günstigsten Verhältnisse in dieser Bahn erfreuen. Der Vergleich der Eindrücke, welche dieselben Schallwellen auf beide Ohren ausüben, bildet ein zweites Bestimmungsmittel. Wir verlegen die tönende Masse nach der Seite, an welcher unsere Gehörwerkzeuge stärker ergriffen werden [2]). Findet in dieser Beziehung kein Unter-

[1]) Chladni, Akustik. S. 74.
[2]) Vgl. auch Lincke, a. a. O. Bd. I. S. 549.

schied Statt, so versetzen wir sie in die Mitte. Wir müssen es aber dann häufig unentschieden lassen, ob sich der schallende Körper gerade vor oder hinter uns befindet. Fährt z. B. ein rasselnder Wagen, den wir nicht sehen, unter den eben erwähnten Bedingungen an uns vorüber, so können wir oft im ersten Augenblick nicht sagen, ob er sich nähert oder entfernt. Die Ab- oder Zunahme der Schallstärke belehrt uns erst nach einiger Zeit über die richtige Bewegungsweise.

Wird ein Mensch, dessen beide Ohren sonst gesund waren, auf einem von ihnen schwerhörig, so verlegt er leicht alle Geräusche, deren Orte er nur nach dem Gehör beurtheilen kann, nach der gesunden Seite. Kehrt später der regelrechte Zustand wieder, so verschwindet auch diese Täuschung des Urtheils.

4073 **Doppelthören.** — Wir haben §. 3892. bemerkt, daß vielfach über die Frage gestritten wurde, ob sich zwei verschiedene Eindrücke, von denen jeder ein Auge trifft, zu einer mittleren Empfindung ausgleichen. Die Untersuchung ergiebt, daß dieses allerdings unter günstigen Bedingungen stattfindet. Es fragt sich zunächst, ob etwas Aehnliches für das Ohr wiederkehrt. Die Versuche, welche Seebeck [1]) mit den Tönen einer doppelten Sirene anstellte, scheinen hier zu anderen Ergebnissen zu führen. Eine gegenseitige Verbindung zu einem Zwischeneindrucke findet nicht Statt. Die Schallwellen, die in ein Ohr dringen, theilen sich aber dem anderen Gehörwerkzeuge, wenn auch in geschwächtem Grade, durch die Kopfgebilde mit.

4074 Erklingt ein verschiedener Ton vor jedem Ohre, erzittern z. B. zwei ungleich tönende Stimmgabeln vor den beiden Ohröffnungen, so erkennt man leicht, welcher Ton der einen und welcher der anderen Seite zukommt. Man kann aber auch dann die Schwebungen, welche aus der Interferenz der Wellen in den Kopfknochen hervorgehen (§. 4063.) unterscheiden [2]). Sie fallen nur schwächer aus, als wenn sich beide Gabeln vor einem Ohre befinden.

Viele Personen besitzen die Fähigkeit, zwei verschiedenen Gesprächen gleichzeitig zu folgen. Es ist keine Frage, daß nur eine eigene Art von Aufmerksamkeit zu dieser Fertigkeit führen kann. Es fragt sich aber, ob dann nicht der Mensch die genauere Unterscheidung der Eindrücke, die seine beiden Ohren treffen, zu seinem Vortheile zu benutzen sucht.

Es kommt bisweilen krankhafter Weise vor, daß ein Mensch die Töne doppelt hört und daß die eine der beiden Tönungen höher als die andere ausfällt [3]). Das Uebel verschwindet bisweilen, so wie man eines der beiden Ohren verstopft. Das Hilfsmittel versagt jedoch in anderen Fällen. Die Erklärung dieser Art von Abweichung bleibt eben so ungewiß, als die der krankhaften Zustände, in denen drei oder vier Töne statt eines gehört worden sein sollen. Beschränkte sich der Unterschied nur auf die Stärke oder den Klang der Töne, so ließe sich noch am ehesten vermuthen, daß die Schallwellen in anderer Weise zu dem einen, als zu dem anderen Ohre fortgepflanzt werden, und daß daher der Mensch beide Empfindungen trennt und als zwei verschiedene Tönungen auffaßt (§. 4029.) —

[1]) Seebeck, in Poggendorff's Annalen. Bd. LXVIII. Leipzig, 1846. 8. Seite 449 — 453.

[2]) Dove, in dem Repertorium der Physik. Bd. III. S. 404. Seebeck, a. a. O. Seite 452.

[3]) Vergl. z. B. Ed. Schmalz, Erfahrungen über die Krankheiten des Gehörs und ihre Heilungen. Leipzig, 1846. 8. S. 15. 16.

Subjective Gehörempfindungen. — Man kann hier zwei 4075
Arten von Eindrücken, wie bei dem Sehen, unterscheiden. Die eine geht aus objectiven Tonverhältnissen, deren Erreger nur in den Gehörwerkzeugen oder in den Nachbartheilen derselben liegen, hervor. Die andere dagegen bildet nur den subjectiven Ausdruck der Anregung der Nervenmassen, die das Hören vermitteln.

Das dumpfe Knacken, das der Wirkung des inneren Hammermuskels 4076
zugeschrieben zu werden pflegt (§. 3892.), das Rauschen und Rasseln, welches die willkürliche Verdünnung oder Verdichtung der Luft der Trommelhöhle begleitet, die Töne, die nicht selten bei dem Niesen, dem Schnäuzen, dem Beißen, bei kraftvoller Senkung des Unterkiefers, bei rascher Zusammenziehung der Gaumenmuskeln wahrgenommen werden, das Pochen, das sich bei schnellem Laufen oder bei anstrengendem Bergsteigen einfindet, gehört zu der ersten Reihe von Erscheinungen. Das Klopfen einer Pulsadergeschwulst einer benachbarten Schlagader, das Schwirren, welches wir in manchen Entartungen der Kopfknochen bemerken, kann ähnliche Sinnesstörungen veranlassen. Man sieht leicht, daß sie nur bedingter Weise zu den subjectiven Gehörempfindungen gerechnet werden dürfen. Manche dieser Geräusche werden auch von fremden Menschen und nicht bloß von dem, in dessen Körpergebilden sie entstehen, aufgefaßt.

Alle Reize, die den Gehörnerven oder dessen Centralwerkzeuge tref- 4077
fen, werden leicht subjective Töne herbeiführen. Hierher gehören vor Allem die Wirkungen, die ein regelwidriger Blutandrang nach dem Gehirn oder den Gehörorganen bedingt. Es ist auch denkbar, daß sich die Empfänglichkait der Nervengebilde krankhafter Weise erhöht und daß dann Töne, die sonst ihrer Schwäche wegen der Wahrnehmung entgehen, unter dem Scheine subjectiver Eindrücke auftreten können.

Es läßt sich mit Recht erwarten, daß elektrische Ströme subjective 4078
Tonempfindungen veranlassen werden. Ein durch den Kopf geleiteter starker Schlag einer Leidener Flasche oder einer elektrischen Batterie kann nicht bloß Ohrenbrausen, sondern auch Schwindel, Ohnmacht und Betäubung nach sich ziehen. Die subjectiven Töne erhalten sich dann bisweilen länger, als die meisten übrigen belästigenden Folgen. Die schwächeren galvanischen Ströme dagegen wirken jedenfalls lebhafter auf das Auge, als auf die Gehörwerkzeuge. Volta giebt an, daß die Tönung, die dann zum Vorschein kommt, dem Geräusche, welches das Kochen einer zähen Masse begleitet, verglichen zu werden vermag. Befindet sich nur ein Leitungsdraht im Ohre selbst, so soll nach Ritter der Ton höher ausfallen, wenn die negative, als wenn die positive Elektrode diese unmittelbare Verbindung herstellt. Gebrauchte R. Wagner[1]) einen Rotationsapparat, so konnte er weder an sich, noch an Anderen irgend eine Wirkung wahrnehmen. Der Magnetelektromotor führte mich zu keinen glücklicheren Ergebnissen.

Das Nachklingen der Töne gehört zu den rein subjectiven Empfin- 4079

[1]) R. Wagner, a. a. O. S. 373.

dungen. Wir haben schon früher gesehen, daß der Eindruck eines Schalles länger, als dessen objective Veranlassung dauern kann (§. 4039.). Diese Erscheinung läßt sich nicht immer durch das Ausschwingen der in Erschütterung versetzten, vorbereitenden Theile der Gehörwerkzeuge erklären. Töne, die einen ungewöhnlichen Eindruck ihrer Stärke oder ihrer Annehmlichkeit wegen gemacht haben, bleiben nicht selten Stunden und selbst Tage lang im Ohre zurück. Die Phantasie kann auch gewisse Laute mit solcher Lebhaftigkeit vorführen, daß sie wenigstens den Schein von subjectiven Tonbildungen annehmen. Jeder gesunde Mensch, der für Musik besonders empfänglich ist, macht leicht Erfahrungen der Art. Sie sind es auch häufig, welche Wahnsinnige zu dem Irrthume, als wenn objective Schallwellen einwirkten, verleiten.

4080 Es kommt endlich noch vor, daß Wirkungen, die zunächst fremdartige Theile treffen, eine subjective Tonempfindung nach sich ziehen. Hierher gehört vor Allem eine Erfahrung, die Henle an sich selbst gemacht hat. Fuhr er leise über die Oberfläche seiner Wange dahin, so hörte er ein schwaches Brausen, das als subjective Gegenwirkung aufzutreten schien.

Das Ohrentönen begleitet häufig die verschiedenartigsten Gehörkrankheiten. Lassen wir die Fälle, in denen es durch Blutandrang bedingt wird, bei Seite, so ist man im Uebrigen nicht im Stande, die Ursachen dieses Leidens genauer anzugeben. Die Fälle, in denen es den Entartungen des mittleren Ohres folgt, erscheinen in dieser Hinsicht am räthselhaftesten. Eine krankhafte Empfänglichkeit der Nervengebilde vermag vielleicht dieses belästigende Zeichen zu begünstigen. Es ist möglich, daß dann Schallwellen, die dem Gesunden entgehen, ihre Wirkung auf den Leidenden nicht verfehlen. Wie häufig die empfindenden Nerven, ehe sie in Lähmung übergehen, schmerzen, so begleitet nicht selten das Ohrentönen mittlere Grade der Schwerhörigkeit, bis es endlich bei weiterem Fortschritte des Leidens aufhört. Geistige Anstrengungen, Nachtwachen, niederdrückende Gemüthsbewegungen können es in hohem Grade begünstigen. Es ereignet sich, daß sich das anhaltende Ohrenklingen, welches die Schlaflosigkeit begleitet und das Einschlafen verhindert, verliert, so wie man die Töne durch angestrengtere Aufmerksamkeit genauer zu verfolgen sucht [1]).

4081 Die Höhe und vorzüglich der Klang eines Tones können noch eigenthümliche Nebenempfindungen bedingen und ungewöhnliche fernere Wirkungen auf diesem Wege herbeiführen. Hierher gehört z. B. der unangenehme Eindruck, das Gefühl von Rieseln oder Frösteln, die Gänsehaut oder das Sträuben der Haare, welches nicht selten dem Gekritzel auf einer Schiefertafel, einem Glase und ähnlichen glatten Körpern nachfolgt. Der Klang der Blaseinstrumente führt zu anderen Eindrücken, als der der Saitentöne. Personen, die an Krämpfen, an Epilepsie und anderen Nervenkrankheiten leiden, werden bisweilen von ihren Anfällen heimgesucht, so wie eine besondere Klangart der Tönungen auf ihre Gehörwerkzeuge einwirkt [2]). Die heftige Erschütterung, welche zu starke Schallwellen begleitet, kann alle Nebenfolgen des Schreckes und selbst Ohnmachten herbeiführen.

---

[1]) De functionibus nervorum. p. 115. Vergl. auch Steifensand in Froriep's Notizen. 1840. 4. Nr. 303. S. 263.

[2]) Vergl. Lincke, a. a. O. S. 555 — 557.

Riechen.

Die Geruchswerkzeuge besitzen keine so ausgedehnten Vorbereitungs- 4082
gebilde, wie das Auge oder das Ohr. Wir werden in der Nervenlehre finden, daß der Riechnerve die eigentlichen Geruchsempfindungen vermittelt, die in der Nasenschleimhaut endigenden Zweige des dreigetheilten Nerven dagegen den Tasteindrücken vorstehen. Beide Arten von Nervenfasern verbreiten sich unmittelbar in dem Gewebe der Schneider'schen Membran. Dieses und das bekleidende Flimmerepithelium kann daher allein die Wirkung, welche die riechenden Dünste ausüben, auf die Nervenfasern übertragen. So einfache Verhältnisse kehren nur noch in den Geschmacks- und den Tastwerkzeugen wieder.

Die bis jetzt bekannten anatomischen Thatsachen scheinen anzudeuten, 4083
daß nur ein Theil der inneren Nase als Sinneswerkzeug thätig ist. Es gelang bis jetzt noch nicht, Fasern der Geruchsnerven an allen Stellen der Schneider'schen Haut nachzuweisen. Man konnte sie nur in den Siebbeinzellen, den oberen und mittleren Muscheln und der Nasenscheidewand bis ungefähr zu deren unterem Viertheile verfolgen. Da sie jedoch sehr leicht dem Anblicke entgehen, und in ihrer feineren Verbreitung jenseit der rautenförmigen Geflechte unkenntlich werden, so muß in dieser Hinsicht jedes sichere Urtheil vorläufig dahin gestellt bleiben. Kein Zweig der Geruchsnerven dringt, so viel man weiß, in die Nebenhöhlen der Nase.

Die zahlreichen Unebenheiten, die in dem Innern der Nasenhöhle 4084
vorkommen, vergrößern zunächst die Oberfläche der Schneider'schen Haut. Die riechenden Dünste können daher eine bedeutendere Menge empfänglicher Punkte bestreichen. Diese Einrichrung erhöht zunächst die Quantität der Eindrücke. Sie wirkt wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie die Schneckentreppe für das Gehörorgan (§. 4026.) oder die Geschmackswärzchen für die Zunge.

Die Vorsprünge und die Vertiefungen müssen überdies den Gang 4085
des Luftstromes, welcher das Riechen möglich macht, bestimmen helfen. Sie können die Luftmassen ablenken, gewissermaßen brechen und zu eigenen Bewegungsarten zwingen. Die untere Muschel wirkt in dieser Hinsicht eben so gut, wie die übrigen Unebenheiten, die höher oben in der Nasenhöhle vorkommen. Sie ist es gerade, die in manchen scharf riechenden Säugethieren stärker ausgebildet und mit einer größeren Menge von Fortsätzen versehen wird. Sollte sie in der That keine Fasern des Geruchsnerven aufnehmen, so ließen sich die eben erwähnten Verhältnisse nur mit mechanischen Wirkungen in Beziehung bringen. Man könnte dann die untere Muschel als eine Art von Vorbereitungswerkzeug des Geruchsorgans ansehen.

Riechende Körper. — Betrachten wir die Nebenverhältnisse, un- 4086
ter denen sie unsere Geruchswerkzeuge zu ihrer eigenthümlichen Thätigkeit anregen, so gelangen wir zu der Ueberzeugung, daß sie Theile ihrer ei-

genen Masse und zwar wahrscheinlich nicht in fester, sondern in elastisch-flüssiger Form an die Luft, die wir einathmen, abgeben. Die Verflüchtigung gewisser Stoffe bildet daher die Vorbedingung des Riechens. Alle Einflüsse, welche diese begünstigen, unterstützen auch die Dauer oder die Stärke der Geruchsempfindung.

Ein Körper bewahrt seinen Geruch so lange, als er nicht die in ihm enthaltenen flüchtigen und riechenden Stoffe an das sie umgebende Mittel abgegeben hat. Mechanische Eingriffe, die mit Erwärmung verbunden sind, verstärken den Geruch. Sie können ihn aber auch um so schneller vernichten, weil die riechbaren Verbindungen um so rascher entfernt werden. Viele Mineralien, Knochen und andere feste Körper beginnen erst eigenthümlich zu riechen, so wie man sie klopft oder sonst mechanisch beschädigt. Reibt man Veilchen oder Reseda anhaltend mit den Fingern, so können sie ihren Geruch nach kurzer Zeit verlieren.

4087 Es läßt sich erwarten, daß die Verdünnung der Luft das Ausströmen der riechenden Theilchen beschleunigen wird. Durchgeführte Untersuchungen fehlen noch in dieser Beziehung Hughens und Papin fanden, daß eine Rosenknospe, die vierzehn Tage lang in dem luftleeren Raume eingeschlossen worden war, ihren Duft vollständig beibehalten hatte. Wurde sie aber dann an die freie Luft gebracht, so verlor sie ihn schon nach zwei Stunden.

4088 Die höhere Wärme begünstigt das Riechen. Viele Körper entbinden erst ihre Gerüche, so wie die Temperatur eine gewisse Größe erreicht hat. Die Glühhitze vertreibt die eigenthümlichen Riechstoffe der pflanzlichen oder thierischen Theile. Wir vermissen daher den Geruch in den Aschenresten derselben.

4089 Die eigenthümlichen und meist unangenehmen Gerüche, welche die Fäulniß begleiten, scheinen vorzugsweise an flüchtige organische Verbindungen gebunden zu sein. Sie schwinden, so wie die Umänderung bis zur ausschließlichen Erzeugung von Kohlensäure, Wasser und Stickstoff fortgeschritten ist. Nur manche binäre Verbindungen, welche auf diesem Wege entstehen, wie z. B. das Ammoniak, wirken wieder in eigenthümlicher Weise auf die Geruchsorgane. Die gleichzeitige Entfernung von Wasserdämpfen übt hierbei einen wesentlichen Einfluß aus Das vollkommene Eintrocknen hebt die Gerüche auf. Sie wechseln mit den verschiedenen Stadien der fauligen Zersetzung, und je nachdem diese mit Hilfe von vielem Wasser zu Stande kommt oder nicht.

4090 Können sich Wasserdämpfe aus einem Körper entbinden, so riecht er auch um so leichter. Viele Massen, die keinen Geruch im trockenen Zustande entwickeln, regen unsere Riechorgane an, so wie sie befeuchtet werden. Es hängt vielleicht hiermit zum Theil zusammen, daß manche Pflanzen ihre Wohlgerüche nur zu gewissen Tages- oder Nachtzeiten und andere erst bei dem Eintrocknen oder umgekehrt bei der Befeuchtung entwickeln.

Eine Reihe kritisch zu sichtender Beispiele findet sich in: H. Cloquet, Osphresiologie. Weimar, 1824. 8. S. 35 — 39.

Poröse Körper halten die Riechstoffe mit einer fast unglaublichen Zä- 4091
higkeit zurück. Papier, Wolle, Baumwolle, Federn und ähnliche Stoffe können ihren einmal angenommenen Geruch die längste Zeit bewahren. Haller[1]) führt z. B. an, daß Papiere, die mit einem Gran Ambra durchduftet waren, ihren Geruch noch nach 40 Jahren nicht verloren hatten. Es ist bekannt, daß der Geruch des Tabaksrauches mit großer Zähigkeit an Büchern und der des Moschus an Wäsche haften bleibt.

Diese Thatsachen müssen schon zu der Ueberzeugung führen, daß die 4092
geringsten Mengen der Riechstoffe, die unsere Waagen nicht im Entferntesten mehr angeben können, die Geruchswerkzeuge auf das Lebhafteste anregen. Ein Milligramm Moschus und noch weniger, das man einer geeigneten höheren Wärme aussetzt, reicht hin, ein Zimmer für Monate zu durchduften. Die augenblickliche Berührung eines Gefäßes, das einen Moschusbeutel enthält, genügt, um den Geruch Stunden und selbst Tage lang an den Kleidern des Menschen haften zu lassen.

Boyle[2]) fand schon, daß mehr als 100 Gran Ambra keinen merklichen Gewichtsverlust innerhalb 3½ Tagen erlitten. Ein Moschusbeutel, der auf einem Uhrglase lag, und sich unter einem umgestürzten Gefäße in einem Schranke befand, verbreitete einen anhaltenden starken Moschusgeruch in dem Zimmer und einem anstoßenden Nebengange, wenn auch diese Räume mehrere Male des Tages gelüftet wurden. Er hatte dessenungeachtet weniger als 1 Milligramm in 262 Stunden oder in beinahe 11 Tagen verloren. Befand er sich 3¼ Tage in einer mit Wasserdünsten gesättigten Atmosphäre, so konnte noch kein Gewichtsunterschied mit der Waage nachgewiesen werden. Diese und ähnliche Thatsachen liefern jedoch keine entscheidenden Beweise, weil die meisten riechenden Körper hygroskopisch sind oder ihren Feuchtigkeitsgehalt nach Maßgabe der Nebenbedingungen ändern. Bedenken wir, daß eine geriebene Kupfer- oder Zinkplatte einen eigenen Geruch entbinden, ohne daß sich ihr bestimmbares Gewicht zu verringern braucht, so ließe sich diese Art von Erscheinungen eher zu Schlüssen benützen. Man mußte jedoch hierbei voraussetzen, daß die Riechstoffe nur von dem Metall und nicht von dem Einflusse, den es auf den reibenden Körper ausübt, herrühren.

Ich habe in neuerer Zeit theils allein, theils mit Clemens, eine Reihe von Versuchen angestellt, um die Minima von Riechstoffen, welche unsere Nase auffassen kann, zu bestimmen. Die näheren Zahlenergebnisse, welche diese Bemühungen lieferten, sind in Anhang Nr. 171. des Anhanges verzeichnet.

Wollte ich wenige Milligramme einer nicht zu flüchtigen ätherischen Flüssigkeit in einen großen Ballon, z. B. von 55,66 Liter Rauminhalt, eintröpfeln, so bediente ich mich kleiner dünnwandiger und mit Stielen versehener Glaskügelchen, wie man sie zur Elementaranalyse flüchtiger Körper gebraucht, und wie sie Fig. 335. ihrer Form nach darstellt. Obgleich der Umfang der Kugel ⅓ bis 1½ C.-C., die Länge des Röhrchens ungefähr 10 Centimeter und dessen Breite ¼ bis ½ Millimeter zu betragen pflegte, so schwankte doch nur ihr Gewicht in der Regel zwischen 0,150 bis 0,200 Grm. Hat man das Kügelchen einige Augenblicke in der Hand gehalten und auf diese Weise erwärmt, so taucht man den Stiel mittelst einer Pincette in die riechende Flüssigkeit. Es geht dann eine gewisse Menge derselben bei dem Erkalten empor. Nun wird der Stiel getrocknet und das Ganze genau tarirt. Man faßt dann den Stiel mit der Pincette und hält ihn senkrecht über den Ballon. So wie das Kügelchen irgend erwärmt wird, tritt ein Tröpfchen zur Röhre heraus. Ist dieses abgefallen, so giebt das Gewicht, welches zur Erreichung der früheren Tara zugelegt werden muß, die Schwere des Tröpfchens.

Fig. 335.

[1]) Haller, Elementa Physiologiae c. h. Lausannae 1763. 4. Tom. V. p. 157.
[2]) Cloquet, Ophrasiologie. Weimar, 1824. 8. S. 31.

Wollte ich Gase oder Dämpfe in dieser Hinsicht prüfen, so nahm ich zwei dünne und leichte langgestielte Kügelchen, befestigte die Röhrentheile in einem Korke, der vorher in zwei Längshälften geschnitten und mit den nöthigen Längenfurchen versehen war. Nun wurden die Kügelchen über der Weingeistlampe erwärmt. Man steckte dann die Endtheile der Röhrchen in die Entbindungsröhre des Gases oder Dampfes und ließ das Ganze erkalten. War dieses einige Male wiederholt worden, so wurden die Enden der Röhrchen so rasch, als möglich, zugeschmolzen. Man muß übrigens bei der Erwärmung Sorge tragen, daß sich nicht ein weißer Schwefelmilchniederschlag bei dem Gebrauche von Schwefelwasserstoff und weiße Dämpfe von Phosphorsäure bei dem Einführen von Phosphorwasserstoff bilden.

Ich senkte nun das eine der beiden Kügelchen in eine genaue nach Cubikcentimetern getheilte und mit Wasser zum Theil gefüllte Maßröhre, und bestimmte das Volumen des Ganzen. Da die Wände sehr dünn waren, so konnte dieser Werth für den Rauminhalt ohne störenden Fehler gewonnen werden. Nun füllte ich ein kleines, in Grade genau getheiltes und mit einer engen Mündung versehenes Fläschchen mit einem passenden Absorptionsmittel, brach die Spitze des Röhrchens ab und stellte es in die Flüssigkeit, deren Höhe vor und nach dem Versuche bestimmt wurde. Die frühere Gewichtsbestimmung hatte ergeben, daß jeder Grad des Fläschchens 0,07 Cubikcentimeter Rauminhalt entsprach. Ich konnte so die verhältnißmäßige Menge des Gases ermitteln. So wie die Absorption beendigt war, wurde das Kügelchen oben zerschlagen, um sich zu überzeugen, daß sich keine übrig gebliebene Gasmenge durch den Geruch verrieth.

Die kleineren Flaschen, in denen das zweite zu dem Hauptversuche dienende Kügelchen zerschlagen werden sollte, wurden bisweilen vorher ausgetrocknet, indem man ein mit Chlorcalcium gefülltes Röhrchen in ihrem Innern anbrachte und das Ganze mehrere Tage lang verschlossen stehen ließ. Es zeigt sich aber, daß dieses Verfahren nicht vollkommen genügte, weil die oberen Theile des Chlorcalciums fest zusammenklebten und die unteren unzerflossen blieben, wenn selbst noch sichtliche Tröpfchen an den Wänden der Flasche vorhanden waren. Hatte dagegen ein offenes, mit Schwefelsäure gefülltes Gefäß in einer Flasche von 7,3 oder einem Ballon von 55,66 Liter, einige Tage gehangen, so konnte keine Spur von Feuchtigkeit mehr wahrgenommen werden.

Ich maß nun den Umfang des zweiten Kügelchens auf die früher erwähnte Weise, trocknete es, hing es an einen Coconfaden und senkte es in einen Behälter von gemessenem Rauminhalte ein. Dieser wurde dann geschlossen und so lange geschüttelt, bis Kügelchen und Röhrchen in mehrere Stücke zerbrochen und das ausgetretene Gas mit der Luft gehörig vermischt waren. Der Geruch entschied hierauf über den Erfolg. Wollte ich noch kleinere Mengen gebrauchen, so wurde ein Stück des Röhrchens abgeschmolzen, seine Länge mit einem Haarcirkel und seine Breite mit dem Schraubenmikrometer des Mikroskopes bestimmt. Man zerschnitt dann das Röhrchen in dem Halse des Ballons, ließ es hinabfallen und verschloß das Ganze so rasch als möglich, um es ein paar Minuten später zu prüfen.

Ich versuchte mehrere Male eine verdünnende Uebertragung der Gasmischung vorzunehmen. Gesetzt, ich hatte das erste Zerschlagungskügelchen in eine Flasche von 724 C.-C. Rauminhalt eingesenkt, so schloß ich sie mit einem Zapfen, durch welchen die Röhre eines zweiten Kügelchens, dessen Rauminhalt vorher bestimmt worden, hindurchging. Nun wurde das erste Kügelchen zerschlagen. Man erwärmte das zweite mehrere Male, ließ es dazwischen erkalten und schmolz endlich sein Röhrchen zu. Man hatte so eine Luftmasse, die einen berechnenbaren sehr kleinen Bruchtheil des ursprünglichen Gases enthielt. Zerschlug man dieses in einer zweiten Flasche, so hatte man ein sehr bedeutendes bestimmbares Minimum des riechenden Stoffes. Diese Uebertragungsversuche mißlingen aber häufig, weil die geringste übrig bleibende Spalte eine Diffusion mit der umgebenden Atmosphäre möglich macht.

Die ätherischen Oele bieten sehr viele Schwierigkeiten dar, weil schon merkliche Mengen von ihnen während des Abwiegens verdunsten können. Man müßte sie daher in zugeschmolzenen Behältern abwägen. Da dieses neue Schwierigkeiten für das Versuchsverfahren bereiten würde, so bediente ich mich folgender Methode. Ich goß ein kleines flaches Tröpfchen auf einer Glasplatte aus, erwärmte das Kügelchen mit der Hand, faßte das Röhrchen mit der Pincette, ließ ein oder mehrere Oelsäulchen eintreten und zog das Ganze hinweg, ehe sich die Spannkraft des Inhaltes der Kügelchen mit der der Atmo-

sphäre ausgeglichen hatte. Es gelingt so in günstigen Fällen, daß die Oelsäulchen in dem Verlaufe des Röhrchens und von dessen Mündung entfernt stehen bleiben. Man kann das Ganze tariren, ohne daß es während des Abwägens merklich leichter wird. Man kann es zuschmelzen, ohne daß das Oel an der Mündung des Röhrchens verbrennt und ohne daß die Oeldämpfe das Kügelchen mit einem Knalle zum Bersten bringen. Will man dagegen das Oel in dem geschlossenen gestielten Röhrchen unter dem Einflusse der Hitze so sehr als möglich verdunsten lassen, so mißlingt der Versuch in der Regel, weil sich sogleich wieder Tröpfchen an anderen kühleren Stellen absetzen und ohnedies der dem fetten Oele entsprechende Antheil mechanisch verspritzt wird. Ich ließ daher z. B. Rosenöl verdunsten, so daß die Tröpfchen in dem Anfangstheile des Röhrchens ausgeschieden wurden und schmolz dann so rasch als möglich, ein nur mit Dunst gefülltes Stückchen des Röhrchens zu. Dieses wurde seinem Rauminhalte nach mikrometrisch bestimmt, wiederum erwärmt und in dem Behälter auf die früher erwähnte Weise zerschnitten.

Ein anderes Verfahren gebrauchte ich endlich für den Moschus. Ich ließ eine gewogene Menge absoluten Weingeistes auf eine gewogene Menge frischen Moschus bester Sorte mehrere Stunden in einem verschlossenen Raume wirken und suchte das, was der Weingeist aufgenommen, quantitativ zu bestimmen. Es war weniger als 1 Milligramm. Nun wurden 14 Milligramm dieses Weingeistes mit 26,3 Grm. Wasser und dann 30 Milligramm dieser Flüssigkeit mit 28,1 Grm. Wasser vermischt. Man sieht leicht, daß Anhang Nr. 171. diese letztere Flüssigkeit weniger, als $\frac{1}{2000000000}$ ihrer Masse von der durch den Weingeist aufgelösten Substanz des Moschus enthielt.

Wollte ich endlich auffinden, welche Mengen einer Moschuslösung nöthig sind, damit der Geruch wahrgenommen werde, so zog ich ein Kügelchen mehrere Male durch eine schwache Weingeistflamme, um es möglichst auszutrocknen, wog es dann genau ab, machte es von Neuem warm, ließ beliebige Mengen der wässerigen Moschusflüssigkeit bei dem Erkalten emporsteigen und richtete es dabei so ein, daß das untere Ende des Röhrchens ein Luftsäulchen enthielt. Nun wurde jenes abgetrocknet und zugeschmolzen. Die Gewichtszunahme gab die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit. Hierauf wurde das Ganze senkrecht aufgestellt, das Kügelchen, das die höchste Stelle einnahm, aufgeklopft und die Flüssigkeit auf ihren Geruch geprüft.

Stellen wir die vorzüglichsten Ergebnisse dieser Bemühungen zusammen, so haben wir:

1) Brom. — Eine Luftmasse, die höchstens $\frac{1}{20000}$ ihres Umfanges an Bromdampf enthielt, rief noch den deutlichsten Bromgeruch hervor. Blieb auch die Flasche offen stehen, so erhielt sich dessenungeachtet der Geruch. 1 C.-C. der Luft führte hierbei ursprünglich höchstens $\frac{1}{2500}$ eines Milligramms von Bromdampf. Ein zweiter Versuch führte noch weiter. Ein Luftraum, der im günstigsten Falle $\frac{1}{200000}$ Bromdampf einschloß, roch noch sehr stark nach Brom und zwar im ersten Augenblicke auffallend unangenehm 1 C.-C. Luft führte hier höchstens $\frac{1}{30000}$ eines Milligramms an Brom. Der Geruch wurde wahrgenommen, ehe eine mäßige Einathmung vollendet war. Nehmen wir selbst an, daß 50 C.-C. durch die Nase strichen, bis der Eindruck aufgefaßt wurde, so ergiebt sich, daß höchstens $\frac{1}{500}$ eines Milligramms Brom, wahrscheinlich aber noch weniger, hinreicht, den eigenthümlichen Geruch dieses Körpers auf das Deutlichste zum Bewußtsein zu bringen.

Eine Luftmischung, die höchstens $\frac{1}{2500000}$ ihres Umfanges an Bromdämpfen enthielt, roch nicht mehr deutlich. Es war vielleicht im Anfange eine Spur des eigenthümlichen Geruches wahrzunehmen.

2) Phosphorwasserstoffgas. — Eine Flasche, deren Luftinhalt weniger als $\frac{1}{7000}$ seines Volumens an Phosphorwasserstoff führte, behielt ihren starken widerlichen Knoblauchgestank mehrere Stunden lang, wenn sie selbst offen stehen blieb. Enthielt die Atmosphäre in einem anderen Versuche $\frac{1}{55000}$ des genannten Gases, so zeigte sich ein sehr starker Knoblauchgeruch im ersten Augenblicke und ein schwächerer in der Folge. Berechnen wir hier wiederum die Verhältnisse für 50 C.-C., so folgt, daß $\frac{1}{50}$ eines

Milligramms mehr als hinreichend ist, um den Knoblauchgeruch des Phosphorwasserstoffes mit großer Stärke hervorzurufen. Luft, die nur $\frac{1}{1000000}$ Phosphorwasserstoff enthielt, brachte keine deutliche Wirkung mehr auf meine Geruchswerkzeuge hervor.

3) Schwefelwasserstoff. — Eine Flasche, deren Luftraum weniger als $^1/_{1250}$ Schwefelwasserstoff enthielt, roch auf das Durchdringendste nach faulen Eiern. Hatte ich sie zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und ließ sie dann offen bei ungefähr 15° bis 20° C. stehen, so war der Geruch noch nach 24 Stunden zu bemerken. Das Gleiche kann sich an einer trockenen Flasche wiederholen.

Eine Luftmasse, die weniger als $\frac{1}{1700000}$ ihres Umfanges an Schwefelwasserstoff führte, ließ im Anfange noch einen schwachen Geruch von Schwefelwasserstoff erkennen. Nehmen wir auch an, daß hier 100 C.-C. durch die Nase gehen mußten, ehe die Wirkung zu Stande kam, so ergiebt sich, daß weniger, als $^1/_{5000}$ Milligramm Schwefelwasserstoff hinreicht, um einen schwachen Geruch nach faulen Eiern zu veranlassen.

4) Ammoniak. — Es steht den übrigen, von mir geprüften Riechkörpern bedeutend nach. Ich konnte es nicht mehr riechen, wenn die Atmosphäre $^1/_{32000}$ Ammoniakdämpfe enthielt. Ein mit Salzsäure befeuchteter Glasstab erzeugte aber hier noch sehr deutliche weiße Nebel.

5) Moschus. — Eine wässerige Flüssigkeit, die weniger als $^1/_{2000000}$ ihres Gewichtes von dem Weingeistauszuge des frischen Moschus feinster Sorte enthielt, roch noch wochenlang auf das Durchdringendste nach Moschus. Der Geruch war so stark, daß er deshalb einen großen Theil seiner Annehmlichkeit verlor. 45 Milligramm dieser Flüssigkeit reichten hin, um sogleich einen schwachen, aber unzweifelhaften Moschusgeruch hervorzurufen. Diese 45 Milligramm enthielten aber weniger, als $^1/_{43500}$ eines Milligramms des Weingeistauszuges des Moschus. 101 Milligramm der Flüssigkeit, die weniger, als $^1/_{20000}$ eines Milligramms jenes Weingeistauszuges enthielten, riefen einen durchdringenden Moschusgeruch hervor.

Eine Flüssigkeit, die $\frac{1}{2000000000}$ ihres Gewichtes von dem Weingeistauszuge ententhielt, roch gewöhnlich nicht mehr nach Moschus. Man konnte aber den schwachen Moschusgeruch in einzelnen Fällen noch wahrnehmen, wenn man das Ganze schüttelte, nur mit einem Nasenloche aufmerksam roch, oder ungefähr 1 Grm. erwärmte. Wir können daher annehmen, daß die Grenze der Wahrnehmbarkeit nahebei einzutreten schien, wenn im Ganzen weniger, als $\frac{1}{2000000}$ eines Milligramm jenes Weingeistauszuges dargeboten wurde. Eine Flüssigkeit, die $\frac{1}{3300000000}$ ihres Gewichtes von jenem Körper enthielt, ließ den Moschusgeruch unter keinen Verhältnissen erkennen. Der absolute Alkohol hatte übrigens einen großen Theil, nicht aber allen Riechstoff des Moschus und wahrscheinlich noch andere Bestandtheile desselben aufgenommen.

Aetherische Oele. — Ein Luftraum, der höchstens ein zehn Millionteltel seines Volumens von dem Dampfe des Rosenöles enthielt, roch noch sehr deutlich nach Rosenduft. Eine Luftmasse, der im Ganzen ungefähr $^1/_{40}$ Milligramm Rosenöl und $\frac{1}{2000000}$ Milligramm für jeden Cubikcentimeter preisgegeben war, hatte noch einen schwachen Rosengeruch für kurze Zeit dargeboten. Nehmen wir wiederum an, daß 100 C.-C. durch die Nase strömen mußten, ehe der Eindruck zu Stande kam, so würden $^1/_{20000}$ eines Milligramms zu dem entscheidenden Erfolge hinreichen. Bedenken wir aber, daß selbst das feinste Rosenöl zu einem sehr großen Theil aus einem geruchlosen fetten Oele besteht, so ergiebt sich, daß wahrscheinlich der eigentliche Riechstoff des flüchtigen Antheiles beträchtlich weniger betragen kann.

Ein Luftraum, dem $^1/_{50000}$ eines Milligramms frischen Pfeffermünzöles für jeden Cubikcentimeter dargeboten worden war, roch noch sehr deutlich nach Pfeffermünze und erzeugte den bekannten belebenden Eindruck bei dem Einathmen. Obgleich der Ballon offen geblieben war, so erhielt sich der Geruch noch länger, als 24 Stunden. Es war dabei die größte Menge des Oeles nicht verdunstet.

Ließ ich eine Mischung von Pfeffermünzöl und Weingeist in einem großen Ballon

bei 25° C. verdunsten, so daß hierbei $\frac{1}{170000}$ eines Milligramms des Oeles je einem Cubikcentimeter dargeboten wurde, so zeigte sich ein schwacher, aber nicht zu verkennender Pfeffermünzgeruch. Der Weingeistgeruch war nicht zu unterscheiden. Wir können hieraus schließen, daß weniger, als $\frac{1}{1700}$ eines Milligramms genügt, um diese eigenthümliche Geruchsempfindung herbeizuführen.

Ein Luftraum, der $\frac{1}{14000}$ eines Milligramms des Wurmkrautöles für jeden C.-C. zur Verfügung hatte, verbreitete den bekannten unangenehmen Geruch dieses Oeles in durchdringender Weise.

Wurden 5 Milligram Nelkenöl in einen Ballon von 55,66 Liter eingetropft, so daß ungefähr $\frac{1}{10000}$ eines Milligramms einem Cubikcentimeter des Gases entsprachen, so roch der Ballon mehr, als 3 Monate nach Gewürznelken und zwar keineswegs in unbedeutendem Grade.

Diese Beobachtungen, welche sämmtlich im Laufe des Juni und Juli bei ungefähr 18° bis 25° der Lufttemperatur angestellt wurden, führten übrigens noch zur Erkenntniß einiger Nebenverhältnisse, welche hier in Betracht kommen müssen.

Enthielt ein größerer Behälter nur Spuren eines riechenden Körpers, und führte ich in ihn eine lange Glasröhre, die mit dem anderen Ende in einem meiner Nasenlöcher steckte, ein, so ereignete es sich, daß der Geruch nicht an allen Orten wahrgenommen werden konnte, sei es, daß sich ein Theil des Raumes begünstigterer Verhältnisse erfreute, oder daß die zufällige Mechanik des Riechens die Verschiedenheit herbeiführte. Wollte ich einen schwachen Geruch auffassen, so kam es nicht selten vor, daß eine tiefe Einathmung gar keine Empfindung oder erst an ihrem Schlusse einen Eindruck lieferte. Dieser fand sich bisweilen bei der nächstfolgenden Ausathmung ein. Er kam eher zu Stande, wenn ich wenig Luft in die Nasenhöhle einzog und sie sogleich wieder zurückstieß. Die Bewegungsverhältnisse des riechbaren Gases übten mit einem Worte einen wesentlichen Einfluß aus.

Ein stärkerer Geruch unterdrückte leicht einen schwächeren. Eine Flasche, die nach Nelkenöl duftete, verdrängte bisweilen einen sehr schwachen Geruch nach Pfeffermünze und noch mehr einen solchen nach Rosenöl oder einen sehr schwachen Moschusgeruch. Hatte ich 0,254 Grm. des Pfeffermünzöles mit 22,169 Grm. absoluten Alkohols gemischt, so war der sensuelle und sensible Eindruck des Weingeistes bei weitem vorherrschend. Ließ ich dagegen eine kleine Menge dieser Mischung in einem großen Luftraume verdampfen, so fehlte der Geruch des Weingeistes gänzlich, während der des Pfeffermünzöles deutlich vorhanden war.

Die Zähigkeit, mit der sich die Gerüche erhalten, wechselt ebenfalls in hohem Grade. Nelkenöl bleibt länger, als Pfeffermünzöl und dieses beträchtlich länger, als Rosenöl, dessen Duft überhaupt verhältnißmäßig schnell vergeht.

Ist ein Riechstoff in zu großer Menge vorhanden, so macht er einen anderen Eindruck, als wenn nur kleine Quantitäten zu Gebote stehen. Größere Massen von Nelkenöl riechen unangenehm, kleine dagegen angenehm. Der Moschus in Substanz wirkt betäubend. Es kommt sogar vor, daß Stückchen von ihm gar nicht riechen, während sie Papier und andere poröse Körper vollständig durchduften können.

Es kehrt wahrscheinlich hier ein Gesetz wieder, das wir bei der Betrachtung der Geschmackseindrücke ausführlicher kennen lernen werden. Wenn nämlich eine riechende Masse verhältnißmäßig concentrirter ist, so hat die Empfindung vermuthlich geringere absolute Mengen des Riechstoffes, als wenn die Mischung verdünnter ausfällt, nöthig.

Die ätherischen Oele verriethen noch zwei Eigenthümlichkeiten. Es ereignete sich sehr häufig, daß der Geruch im Anfange fehlte, dann allmälig stärker hervortrat und in der Folge wieder abnahm, sich aber auf dieser niedrigeren Stufe mit größerer Zähigkeit erhielt. Ein verhältnißmäßig kleiner Wärmeunterschied übte einen bedeutenden Einfluß aus. Wenn Flaschen, deren Inneres 23° bis 25° C. angab, nicht dufteten, so brauchte man sie nur kurze Zeit dem Sonnenlichte auszusetzen, damit man die unbedeutenden Mengen des Rosen-, des Pfeffermünz- oder des Nelkenöles auf das Deutlichste roch. Die Wärme hatte sich aber nur auf 25° bis 27°, selten bis 30° C. gehoben.

4093 Wie die Oele eine Hauptrolle in den duftenden Gewächsen übernehmen, so sind es vor Allem die fettigen Absonderungen, von denen viele der eigenthümlichen Ausdünstungen der thierischen Geschöpfe herrühren. Die besonderen Gerüche, welche viele Menschen verbreiten, die, durch welche sich manche Thiere ihres Gleichen oder anderen vorzüglich zur Brunstzeit kenntlich machen, rühren meist von talgigen Absonderungsproducten her. Die Zersetzungsstoffe des lebenden oder todten thierischen Körpers liefern eine zweite Reihe von Erregern der Geruchswerkzeuge. Der eigenthümliche Geruch des Urins, des Kothes, und zum Theil des Schweißes, des Fleisches hängt von den in größeren oder geringeren Massen vorhandenen Umsatzkörpern her. Führt endlich die Blutmasse eigenthümlich riechende Stoffe, so wird sich der Duft derselben sehr leicht den Athemgasen mittheilen. Sie riechen daher auch bisweilen nach Kampher, Zwiebeln, Knoblauch, so wie diese Substanzen früher durch die Verdauungswege eingeführt wurden.

4094 Die Ausdrucksweise des gewöhnlichen Lebens vernachlässigt einen Unterschied, der für die physiologischen Verhältnisse von Bedeutung ist. Wir sagen, daß der Moschus und das Ammoniak riechen. Jener regt aber vor Allem die Nase als Sinneswerkzeug an, während dieses vorzugsweise auf die tastempfindenden Nerven der Schneider'schen Haut vermöge seiner ätzenden Eigenschaften einwirkt. Ein Mensch, dessen Riechnerven gelähmt sind, wird daher noch das Ammoniak, nicht aber den Duft des Moschus oder einer Blume zu erkennen im Stande sein.

4095 Da viele gasförmige Körper keinen Geruch verbreiten, so muß die besondere Wirkung auf den Riechnerven von gewissen, noch völlig unbekannten Nebenbedingungen abhängen. Aeltere Forscher glaubten bisweilen, daß der Geruch nur von einer eigenthümlichen Veränderung der Luft ohne den Beitritt fremdartiger Stoffe herrührt. Andere nahmen einen von der chemischen Zusammensetzung unabhängigen Riechstoff (Spiritus rector) an. Diese beiden Ansichten finden keine Stütze in den bis jetzt bekannten Erfahrungen.

4096 Mechanik des Riechens. — Betrachten wir zunächst die auf dem Lande lebenden Geschöpfe, so führt hier die eingezogene Luft die riechenden Dünste der Nasenschleimhaut zu. Es frägt sich daher, ob diese Bedingung unerläßlich ist, oder ob auch Riechstoffe, die das Wasser ohne Vermittelung der Atmosphäre darbietet, von den Geruchsnerven aufgefaßt werden können.

4097 Spritzte Tourtual[1]) wässerige Verdünnungen von Aether oder Salzsäure so hoch als möglich in die Nasenhöhle, so vermochte er keine Geruchsempfindung zu erhalten. E. H. Weber[2]) fand, daß man die Nasenhöhlen eines Menschen, der waagerecht liegt und den Kopf etwas nach unten und hinten überhängen läßt, mit Wasser füllen könne, ohne

---

[1]) C. Th. Tourtual, Die Sinne des Menschen in ihren wechselseitigen Beziehungen ihres physischen und organischen Lebens. Münster, 1827. 8. S. 96.

[2]) E. H. Weber, in Müller's Archiv. 1847. S. 351 — 354.

daß die Flüssigkeit in den Schlundkopf eindringt. Schnäuzt man sich, nachdem die Hauptmasse bei dem Aufstehen herausgelaufen, so nimmt man dessenungeachtet im Anfange den Geruch des kölnischen Wassers oder den der Essigsäure nicht wahr. Aetzendes Ammoniak erzeugt eine stechende Empfindung in dem unteren Theile der Nase. Die Fähigkeit des Riechens stellt sich erst nach und nach von Neuem ein, so daß sie nur nach $2\frac{1}{2}$ Minuten ihre frühere Höhe erreicht. Diese Ergebnisse kehren wieder, die Flüssigkeit möge 0^{0} oder 50^{0} C. haben. Füllt man die Nasenhöhlen mit einer Mischung von einem Theile kölnischen Wassers und 11 Theilen lauwarmen Wassers, so riecht man das Ganze im Augenblicke des Eingießens, nicht aber später, wenn es in den Nasenhöhlen selbst enthalten ist.

Wurde der Mund offen gehalten, und die Neigung zum Schlucken und der Kitzel, der sich im Anfange geltend machte und manche Versuche vereitelte, durch die Kraft des Willens unterdrückt, so konnten die Nasenhöhlen von meinem Gehilfen und mir ohne weitere Beschwerde gefüllt und in diesem Zustande einige Zeit erhalten werden. Hätten wir die Flüssigkeit ablaufen lassen und uns die Nase geschnäuzt, so erregte doch ein alter Moschusbeutel nicht die geringste Geruchsempfindung im ersten Augenblicke. Sie stellte sich erst nach 1 bis 2 Minuten allmälig ein Vergleichende Versuche, die wir noch mit Essigsäure, Aether und kaustischem Ammoniak machten, schienen anzudeuten, daß diese drei Körper gewisse Verschiedenheiten darbieten. Wir konnten den eigenthümlichen Geruch des Aethers und der Essigsäure früher, als den des kaustischen Ammoniaks, das nur stechend wirkte, unterscheiden. Diese Stoffe, welche die Tastnerven der Nase zugleich anregten, schienen auch wieder früher, als der Moschus die regelrechten Empfindungen zu wecken. Die Wärme des in allen diesen Fällen eingegossenen Wassers schwankte zwischen $31\frac{1}{2}$ und 36^{0} C.

Die Flüssigkeitsmenge, welche in die Nasenhöhlen von Weber eingegossen werden konnte, glich 16,6 bis 17,2 C.-C. Ein 16jähriger Jüngling ergab 8,3 bis 11,7 C.-C. Zwei an mir angestellte Versuche lieferten 16 bis 13 C.-C. und eine an meinem Gehilfen gemachte Beobachtung $18\frac{1}{2}$ C.-C. Es fragt sich übrigens, ob und wie viel Flüssigkeit bei dieser Gelegenheit in die Nebenhöhlen eindringt. Ich spürte nur in einem Falle ein eigenthümliches, schmerzhaftes Gefühl in der Gegend der rechten Stirnhöhle, so daß ich beinahe vermuthen möchte, daß das Wasser nur dieses Mal ausnahmsweise so weit vorgedrungen war. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die meßbaren Mengen von Flüssigkeit, die man nach Beendigung des Versuches erhält, zu klein ausfallen, weil eine gewisse Menge an der Oberfläche der Schleimhaut hängen bleibt. Ein Theil kann auch bei dem unwillkürlichen Oeffnen des weichen Gaumens verloren gehen.

Wir sehen hieraus, daß die Flüssigkeit, welche die Nasenhöhle aus- 4098
füllt, die Wirkung der Tastnerven und die der Geruchsnerven in dem ersten Augenblicke abstumpft. Jene kehren aber etwas früher als diese zu ihrer Thätigkeit zurück. Da sich diese Erscheinungen im Allgemeinen bei kaltem wie bei verhältnißmäßig warmem Wasser und bei einer Flüssigkeit, deren Temperatur mit der der Nasenschleimhaut übereinstimmt, wiederholen, so kann man schließen, daß die Temperaturverhältnisse die Erscheinung nicht bedingen. Es ist eben so wenig anzunehmen, daß das Flimmerepithelium der Nasenschleimhaut in allen diesen Fällen zu Grunde

geht. Holte ich Schleimstückchen so hoch als möglich hervor, so konnte ich wenigstens die palisadenartig gestellten Flimmercylinder erkennen. Da sich der Geruch nach wenigen Minuten herstellt, so kann der ganze Eingriff keine dauernde Störung bedingen. Die öftere Wiederholung des Versuches erregte mir nur einen vorübergehenden Kopfschmerz. Mein Gehilfe empfand zuerst einen Kitzel in der Nasenschleimhaut und einen eigenthümlichen Geruch, den er jedoch mit keinem der objectiven Gerüche vergleichen konnte.

4099 Diese Versuche lehren, daß die Wasserschicht, welche die Nasenschleimhaut bedeckt, die Thätigkeit der in ihr sich verbreitenden Nerven für einige Zeit aufhebt. Die Abstumpfung des Geruches, welche den Schnupfen begleitet, kann vielleicht mit ähnlichen Verhältnissen zusammenhängen. Man sieht aber leicht, daß diese Thatsachen es erschweren müssen, uns die Thätigkeit der Geruchswerkzeuge der im Wasser lebenden Thiere klar zu machen. Wir können uns nur zweierlei Annahmen möglich denken. Wir stellen uns vor, daß die Hindernisse, die das Wasser bereitet, in jenen Geschöpfen hinwegfallen, oder daß ihr Riechen von dem unserigen wesentlich abweicht, daß es sich mehr den chemischen Eingriffen des Geschmackes annähert. Die erstere Vorstellungsweise dürfte mehr für sich haben, als die zweite.

4100 Soll ein Körper gerochen werden, so müssen die riechenden Theilchen mit dem Strome der Athemluft zu den höher gelegenen Gebilden der inneren Nase vordringen. Die hierbei angeregte Bewegung verstärkt jedenfalls die Empfindung in hohem Grade. Sie bildet vielleicht sogar ein nothwendiges Vermittelungsglied des Ganzen. Unterdrückt man das Ein- und Ausathmen, während sich ein riechender Körper vor den Nasenlöchern befindet, so tritt die eigenthümliche Geruchsempfindung in den Hintergrund. Das kaustische Ammoniak erzeugt dann nur das Stechen oder Prickeln, das wahrscheinlich die Tastnerven der Nasenschleimhaut vermitteln [1]).

4101 Der Wechsel der Luftmassen, in denen die riechenden Theilchen verbreitet sind, begünstigt die Geruchsempfindung in hohem Grade. Ein nicht zu starker Wind, der die Atmosphäre an unseren Nasenlöchern vorüberführt, macht es möglich, daß wir schwächere Riechstoffe deutlicher erkennen. Wollen wir uns in dieser Beziehung selbst helfen, so athmen wir tiefer und rascher durch die Nasenhöhle ein. Wir erweitern dann die Nasenflügel bei dem Aufriechen oder Schnüffeln, damit eine größere Menge von Luft mit stärkerer Kraft vordringe. Die mit ihren riechenden Theilchen geschwängerten Gasmassen streichen dann zugleich mit kräftigeren Stößen an den oberen Theile der Nasenhöhle vorbei. Ihr rascher Wechsel erhöht überdies die schon an und für sich begünstigte Geruchsempfindung.

4102 Die Erweiterer der Nasenflügel (Dilatores narium anterior und po-

---

[1]) Bidder, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig, 1845. 8. S. 920.

sterior) vergrößern den Umfang der Nasenöffnungen, so wie wir genauer aufzuriechen beginnen. Strengen wir uns hierbei, so sehr als möglich, an, so wirken noch der von dem Stirnmuskel (§. 2814. Fig. 131. *a*) herabkommende schlanke Muskel (Procerus) und der Heber der Oberlippe und des Nasenflügels (Levator alae narium labiique superioris [Fig. 131. *e*] Es runzelt sich daher die Nasenhaut an einzelnen Stellen. Die Winkel der Oberlippe pflegen gleichzeitig in die Höhe zu gehen. Die Mundspalte bleibt in der Regel geschlossen, damit der ganze Einathmungsstrom die Nasenhöhle durchsetze. Manche andere Gesichtsmuskeln können sich noch in einzelnen Menschen betheiligen und die Physiognomie in eigenthümlicher Weise verändern.

Der Unterschied, den man zwischen dem Wittern und dem Spüren der Thiere macht, hat eine nur relative Bedeutung. Man kann mit Recht voraussetzen, daß selbstständige und nur schwächere Athembewegungen bei dem Wittern zu Hilfe gezogen werden.

Wir haben schon §. 4085. gesehen, daß die untere Muschel vielleicht 4103
die Rolle eines wesentlichen Vorbereitungswerkzeuges übernimmt. Man könnte sich zunächst vorstellen, daß sie vor Allem den Luftstrom nach den höheren Theilen der inneren Nase hinleitet, daß sie ihm den kürzeren und wagerechteren Weg nach den Choanen erschwert. Erfüllt sie auch diese Bestimmung, so scheinen doch einzelne Versuche anzudeuten, daß die Art, wie die untere Muschel auf den Luftstrom wirkt, eine wesentliche Bedeutung für den Riechproceß gewinnt. Legte Bidder[1]) ein Kampherstückchen in eine Spritze und schob er die Canüle derselben hoch hinauf in die Nasenhöhle, so verminderte sich die Geruchsempfindung immer mehr, je weiter das Rohr emordrang. Verschloß ich ein mit Schwefeläther gefülltes Fläschchen mit einem Trichter, der in eine lange Röhre auslief, und brachte ich diesen an das eine Nasenloch, während das zweite mit durchnäßtem Papier verstopft war, so empfand ich den Geruch auf der Stelle bei dem Einathmen. Führte ich nun die Oeffnung des Rohres immer höher hinauf, so daß sie über die mittlere Muschel emordrang, so nahm die Geruchsempfindung merklich ab. Sie fehlte sogar bisweilen gänzlich, wenn auch eben so tief, wie früher eingeathmet wurde.

Ein Mann, den Bidder[2]) genauer untersuchte, hatte die ganze rechte Hälfte der Nase und den hinteren und oberen Theil der Nasenscheidewand in Folge der Ausrottung eines Aftergewächses der Nasenhöhle verloren. Die beiden oberen linken Muscheln waren auf diese Weise frei gelegt. Der Kranke roch noch das Ammoniak, dessen Dämpfe er durch die linke Nasenöffnung einzog. Wurde es dagegen vor die regelwidrige Oeffnung gehalten, so fehlte die eigenthümliche Geruchsempfindung.

Wir sehen hieraus, daß die natürliche Vorbereitung des Einath- 4104
mungsstromes das Riechen wesentlich begünstigt. Man kann sich denken, daß dann die untere Muschel den Luftstrom vielseitiger vertheilt, ihn mit

[1]) F. H. Bidder, Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens und über den Geruchssinn. Dorpat, 1838. 8. S. 25.
[2]) Bidder, Ebendaselbst. S. 24.

einer größeren Menge empfänglicher Schleimhautstücke in passende Berührung bringt und die Empfindung auf diese Weise verstärkt. Es ist aber noch völlig unbekannt, ob ihr noch andere feinere Wirkungen zukommen.

4105 Dringt die mit den riechenden Stoffen geschwängerte Atmosphäre von hinten, von den Choanen aus, in die Nasenhöhle, so daß sie an der Schneider'schen Haut während der Ausathmung vorüberstreicht, so vermindert sich die Feinheit des Geruches. Ein Stückchen Kampher, das bei verschlossenen Lippen in der Mundhöhle gehalten, riecht schwächer, als wenn es sich vor den Nasenlöchern befindet. Läßt man etwas Schwefeläther auf einem Löffel unter ähnlichen Verhältnissen in der Mundhöhle verdampfen, so kann man sich von der Richtigkeit der Sache noch deutlicher überzeugen.

4106 Es läßt sich nicht entscheiden, ob die Riechstoffe auf physikalischem oder auf chemischem Wege die Geruchsnerven anregen. Das Flimmerepithelium und die Grundmasse der Nasenschleimhaut müssen jedenfalls die Wirkung der riechenden Theilchen auf die Nervenfasern vermitteln. Sollten die Riechstoffe einen mechanischen Moleculareinfluß ausüben können, sollten sie gewisse eigenthümliche Erschütterungen veranlassen, so würden die Wellen halbfester, mit Flüssigkeit durchtränkter Massen, wie in der Schnecke, auf die Fasern des Sinnesnerven einwirken. Stellt man sich dagegen vor, daß die Thätigkeit des Geruches mit dem des Geschmackes in höherem Grade übereinstimmt, so müßten sich die riechenden Molecüle in dem Schleime der Nase auflösen und in diesem Zustande auf die Geruchsnerven wirken. Erinnern wir uns der §. 4097. angegebenen Thatsachen, bedenken wir, wie leicht eine katarrhalische Störung den Geruch schwächt oder aufhebt, so können wir schließen, daß diese Sinnesthätigkeit jedenfalls eine gewisse regelmäßige Beschaffenheit des Flimmerepitheliums und der Schleimabsonderung voraussetzt. Wir haben früher (§. 1959 fgg.) gesehen, daß die Innenfläche der Nase aller vier Wirbelthierclassen mit Flimmercylindern bekleidet sind. Man darf daher vermuthen, daß die Wirbel, welche ihre Härchen erzeugen, die Mechanik des Riechens wesentlich unterstützen.

4107 Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, Zweige des Geruchsnerven in die Schleimhaut der Nebenhöhlen der Nase zu verfolgen. Wir können hieraus schließen, daß die Keilbein-, die Stirn- und die Kieferhöhle keine Geruchsempfindung unmittelbar zu erregen im Stande ist. Ihre Oberflächen tragen übrigens eben so gut ein Flimmerepithelium, als die übrige Nasenschleimhaut.

Die anatomischen Thatsachen liefern hier eine sicherere Grundlage, als die physiologischen Versuche. Deschamps brachte Kampherdünste in die durch eine Fistel geöffnete Stirnhöhle, ohne daß der Kranke, dessen Nasenlöcher geschlossen waren, einen Geruch wahrzunehmen vermochte. Machte Richerand[1]) Einspritzungen riechender Flüssigkeiten in die Highmorshöhle, so gelangte er zu dem gleichen Ergebnisse. Bidder[2]) fand

[1]) Cloquet, a. a. O. S. 227. [2]) Bidder, a. a. O. S. 26.

endlich dasselbe, er mochte Flüssigkeits- oder Gasströme gebrauchen. Diese Versuche können keine sicheren Beweise liefern, weil die Nebenbedingungen, nämlich der tropfbar flüssige Zustand des riechenden Körpers oder die unpassende Richtung des Gasstromes die Geruchsempfindung sogar unter günstigeren Verhältnissen beseitigt hätten. Wir müssen überhaupt gestehen, daß der Nutzen der Nebenhöhlen der Nase noch völlig unbekannt ist.

Wirkung der Gerüche. — Die Eigenthümlichkeit der Gerüche 4108
hängt zwar zunächst von der Natur der Stoffe, die sich in der Luft verbreiten, ab. Die Stärke, mit der dieses geschieht, übt jedoch auch einen gewissen Einfluß auf die Beschaffenheit der Empfindung aus. Ein dicht vor die Nase gehaltener Moschusbeutel erregt z. B. einen qualitativ anderen Eindruck, als der Moschusgeruch, den die Atmosphäre verbreitet (vergl. S. 283.). Die Annehmlichkeit der Gerüche pflegt erst mit gewissen Verdünnungen der Riechstoffe aufzutreten. Es scheint hiernach die Art der Wahrnehmung mit der Quantität der thätigen Körper in Beziehung zu stehen.

Manche Säugethiere, wie z. B. die Hunde, unterscheiden die ihnen 4109
bekannten Personen an der Ausdünstung, die sie verbreiten. Entleerungen, wie z. B. der Koth oder selbst nur Gegenstände, die eine Zeit lang von einem Menschen berührt wurden, können ihr Urtheil bestimmen. Der Geruch dient ihnen sogar oft als Erkennungszeichen, wo das Auge andere minder empfängliche Geschöpfe zu leiten pflegt.

Es kann sich ausnahmsweise ereignen, daß Menschen, die sich von vorn herein einer bedeutenden Schärfe ihrer Geruchswerkzeuge erfreuten, und diese durch Uebung vollständiger entwickelt haben, Riechstoffe, welche den Anderen entgehen, mit Sicherheit auffassen. Aerzte und Krankenwärter erkennen häufig Blattern und andere Ausschlagskranke an der Ausdünstung derselben. Manche bemerken es auf der Stelle, ob eine Frau, die sich in ihrer Nähe befindet, ihre Regeln hat oder nicht, ob sie an weißem Flusse leidet, ihre Geschlechtswerkzeuge oder ihre Haare reinlich hält und dergl. mehr. Einzelne Personen haben für sie einen angenehmeren und Andere einen abstoßenden Geruch. Die in die Urwälder geflüchteten Neger beriechen die Wege und unterscheiden auf diese Weise die von einem Weißen oder einem Schwarzen betretenen Pfade. Die Indianer erkennen die verschiedenen Stämme an ihrer Ausdünstung.

Es kommt umgekehrt vor, daß einzelne Menschen manche Gerüche gar nicht auffassen. Es giebt Personen, welche die Reseda geruchlos finden. Andere rochen faulende Massen, in Zersetzung begriffenen Kohl, Koth, Dünger und vanillenduftende Blumen, nicht aber die Vanille selbst in reinem Zustande [1]).

Der Eindruck, den ein und derselbe Riechstoff macht, wechselt nicht 4110
selten in hohem Grade. Die Blumen der persischen Iris rochen nach Turner [2]) für 41 Personen angenehm, für 4 unbedeutend, für 8 gar

[1]) Cloquet, a. a. O. S. 75.
[2]) F. Arnold, a. a. O. Bd. II. Abth. II. S. 561.

nicht und für einen widerlich. 23 fanden die Waldanemone wohlriechend, 7 andere dagegen ganz ohne Duft. Man sieht leicht, daß diese Abweichungen mit der ungleichen Auffassung der Farben und der Tonhöhen verglichen werden können.

4111 Die meisten Menschen finden den Stinkasand widerlich, während ihn Einzelne so sehr lieben, daß sie mit ihm ihre Teller bestreichen. Die Alten suchten ihn sogar als Würze zu gebrauchen — eine Sitte, die noch heute bei asiatischen Völkern wiederkehrt. Während Manche ihre Wäsche mit Moschus durchduften, fliehen Andere dieses Riechmittel so sehr als möglich. Morgenländische und indische Völker gebrauchen den ihnen angenehmen Baldrian zu ihren Bädern. Die Rhabarber wird von Vielen ohne Beschwerde genommen, während ihr bloßer Geruch Anderen Uebelkeit und selbst Erbrechen erzeugt. Manche Menschen leiden schon an Beschwerden der Art, so wie sie nur Aepfel, eine Krebsbrühe, Blumen, wie z. B. Rosen oder Reseda riechen. Umgekehrt, verhalten sich einzelne Personen zu dem Geruch der Wanzen oder dem ihm ähnlichen des Corianders gleichgültig. Die Gewohnheit übt übrigens einen großen Einfluß auf die Beurtheilung dieser Art von Eindrücken aus. Einzelne Völker lieben deswegen Käse, Zwiebeln, Knoblauch und andere Dinge, die Andere ihres Geruches wegen zurückweisen. Der Kamtschadale zieht den Geruch des ranzigen Speckes und der Tartar den von faulenden Pferden dem Blumendufte vor.

4112 Nervenverstimmungen führen bisweilen zu sehr eigenthümlichen Erscheinungen. Hysterische Frauen und selbst hypochondrische Männer finden nicht selten ihr Wohlbehagen an Gerüchen, die den meisten übrigen Menschen unangenehm sind. Sie ergötzen sich an dem Geruche des angebrannten Hornes, brennender Federn, empyreumatischer Oele, des Stinkasandes und dergl. Sie fliehen dagegen den Duft der Rosen, der Lilien und anderer wohlriechender Gewächse, weil sie ihnen leicht Kopfschmerzen, Uebelkeiten und andere Beschwerden verursachen. Eine krankhafte Thätigkeit der Geschmackswerkzeuge kann diese Regelwidrigkeiten der Geruchsorgane begleiten.

4113 Gerüche, die zu stark, zu lange oder zu oft einwirken, können die Empfänglichkeit abstumpfen. Sie werden zunächst gleichgültig. Die sonst angenehmsten Eindrücke liefern endlich widerliche Empfindungen. Richelieu hatte sich so sehr mit Wohlgerüchen übersättigt, daß er sie zuletzt zu fliehen suchte. Man macht häufig die gleiche Erfahrung in Zimmern, die mit dem Dufte der Lilien, des Moschus, des Räucherwerkes geschwängert sind. Landleute, die sich oft mit Dünger beschäftigen, Arbeiter, die Kloaken reinigen, Chemiker, Apotheker, Aerzte, Kranke, die an stinkenden Geschwüren leiden, werden zuletzt gegen die unangenehmen Gerüche, die sie umgeben, unempfindlicher, als Andere. Starke Tabaksschnupfer unterscheiden häufig nicht mehr fremdartige Gerüche mit der früheren Schärfe.

4114 Wenn sich auch die Eindrücke, welche die Geruchswerkzeuge liefern, zu künstlerischen Anregungen weniger, als die des Ohres oder des Auges eignen, so können sie doch einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die

geistigen Thätigkeiten ausüben. Sie wirken zunächst, wie es scheint, auf die Hemisphären des großen Gehirns, mit dem die Geruchsnerven in unmittelbarer Verbindung stehen. Starke Gerüche führen leicht zu Kopfschmerz, Betäubung, Schläfrigkeit oder Ohnmacht. Kehrt auch das Bewußtsein später zurück oder war es nie gestört worden, so bleiben doch leicht Schmerzen oder Eingenommenheit im Kopfe für längere Zeit zurück. Hat ein Mensch in einem Zimmer, das viele Rosen, Lilien oder andere duftende Blumen enthielt, geschlafen, so können sich jene Störungen sehr bald entfalten. Irgend starke Gerüche erzeugen nicht selten Ekel und Erbrechen oder selbst Krämpfe verschiedener Art in nervenschwachen Personen. Der Geruch nicht stark duftender Blumen, wie z. B. der Malva moschata, kann schon einen Sturm der Art in hysterischen Frauen hervorrufen [1]).

Die eigenthümlichen Ausdünstungen steigern nicht selten die geschlech- 4115
tigen Begierden. Die Natur bedient sich oft dieses Mittels in den brünstigen Säugethieren. Wollüstige Menschen finden ein besonderes Behagen an dem eigenthümlichen Geruche, den menstruirende Frauen verbreiten, an den feineren Ausdünstungsstoffen, die von den Geschlechtswerkzeugen, der Hautschmiere, den pomadirten Haaren, den Kleidern von Mädchen herrühren. Diese Eindrücke vergrößern ihre Begierde nach Befriedigung des Geschlechtstriebes.

Nebenverhältnisse der Geruchsempfindungen. — Belehrt 4116
uns die Wendung des Kopfes, daß wir einen Geruch nur in einer bestimmten Stellung wahrnehmen, so können wir hiernach die Richtung, in der er uns zugeführt wird, beurtheilen. Fehlt dieses Bedingungsglied, so vermag höchstens die ungleiche Stärke, mit der sich der Eindruck nach den verschiedenen Seiten hin verräth, unsere Bestimmung zu leiten. Sie ist es auch, die uns einen ungefähren Maaßstab der Entfernung des riechenden Körpers liefert. Ein Düngerhaufen oder eine Rosenpflanzung, die unserem Auge entgeht, kommt uns auch näher vor, so wie der Wind ihre Ausdünstungen zuführt. Dieselbe Täuschung wiederholt sich in den tropischen Meeren, wenn die Luftströmungen die wohlriechenden Ausdünstungen der Gewächse entfernterer Küstenstriche weiter verbreiten.

Es läßt sich mit Recht vermuthen, daß die Geruchseindrücke eine Zeit 4117
lang, gleich den Gesichts- und den Gehörsempfindungen, verharren werden. Die Natur der Sache erschwert aber hier die sichere Entscheidung in hohem Grade. Ein schwacher Geruch verschwindet in der Regel, so wie die riechende Masse von den Nasenlöchern entfernt wird. Starke Gerüche erhalten sich dagegen für längere Zeit. Es fragt sich jedoch, ob nicht in diesen Fällen ein Theil der mit den riechenden Dünsten geschwängerten Luft in den Räumen der Nasenhöhle zurückbleibt.

Bedient man sich eines nicht stark riechenden Körpers, so empfindet 4118
man den Geruch nur während einer tiefen Einathmung. Der Eindruck tritt meist während der nachfolgenden Ausathmung in den Hintergrund. Erspirirte ich dagegen über einer mit Aether gefüllten Flasche, da die her-

[1]) Cloquet, a. a. O. S. 56.

vorgestoßene Luft an der Oberfläche der Flüssigkeit theilweise zurückgeworfen wurde, so stellte sich schon die Geruchsempfindung während des Ausathmens ein. Sie schien sich zu erhöhen, so wie ich ein Nasenloch zugehalten hatte.

4119 Wirken ein stärkerer und ein schwächerer Geruch gleichzeitig ein, so wird dieser von jenem übertäubt. Der Sieg des kräftigeren Eindrucks giebt sich schon unter gewöhnlichen Verhältnissen zu erkennen. Hält man sich ein Gläschen mit Schwefeläther vor das eine und eine Schachtel mit chemischen Zündhölzchen vor das andere Nasenloch, so nimmt man oft nur die Ausdünstung des Aethers wahr. Besitzen dagegen beide Gerüche eine nicht unbedeutende Stärke, wählt man z. B. Aether und peruanischen Balsam zu jenem Versuche, so kann man nach Belieben den einen oder den anderen mit vorzüglicher Deutlichkeit auffassen. Diese Erscheinung erinnert an den sogenannten Wettstreit der beiderlei Gesichtseindrücke (§. 3888).

4120 Die Stärke des Geruches wechselt mit Verschiedenheit der Lebensalter. Sehr kleine Kinder scheinen schwächer, als Erwachsene zu riechen. Sie verhalten sich wenigstens passiver gegen die verschiedenartigsten Ausdünstungen. Der Neugeborene besitzt auch eine kleine, vorzüglich von oben nach unten gleichsam zusammengedrückte Nasenhöhle. Die Nebenhöhlen sind noch größtentheils unentwickelt. Sie erreichen erst später um die Jahre der Geschlechtsreife ihre vollkommene Ausbildung. Da aber der Geruch den nöthigen Grad von Schärfe früher erlangt, so kann man mit Recht vermuthen, daß die Nebenhöhlen keine Hauptrolle für das Riechen übernehmen.

4121 Subjective Geruchseindrücke. — Das heftige Schnäuzen oder jede starke Erschütterung der Geruchswerkzeuge ist im Stande, eine subjective Riechempfindung nach sich zu ziehen. Ich spüre bisweilen dann einen nicht ganz angenehmen Eindruck, der eine Zeit lang anhält. Drücke ich meine Nasenflügel zusammen und lasse sie hierauf rasch losschnellen, so erhalte ich eine subjective Geruchsempfindung, die sich nicht immer gleich bleibt und bisweilen sehr angenehm erscheint. Diese Beobachtung gelingt mir auch, wenn ich an Schnupfen leide.

4122 Der Galvanismus scheint jedenfalls nur sehr schwach auf die Geruchswerkzeuge zu wirken. Ritter will verschiedene Empfindungen mit dem Wechsel der Pole einer galvanischen Säule erhalten haben. Andere Forscher [1]) konnten gar keinen Einfluß bemerken.

4123 Hatte Dupuytren [2]) eine riechende Flüssigkeit in das Blut eines Hundes eingespritzt, so öffnete das Thier seine Nüstern, hob den Kopf und lief umher, als wollte es die Stelle, von welcher der Geruch kommt, auswittern. Man schloß aus diesem Versuche, daß in das Blut eingeführte Riechstoffe subjective Geruchsempfindungen erzeugen. So wahrscheinlich auch dieser Satz an und für sich sein mag, so fragt es sich doch,

---

[1]) R. Wagner, Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. Seite 349.

[2]) Cloquet, a. a. O. S. 237.

ob nicht jene nicht näher angegebenen Riechstoffe so flüchtig waren, daß sie in die Ausathmungsluft übertraten und auf diese Weise von den Geruchswerkzeugen wahrgenommen wurden.

Ein sehr starker unangenehmer Geruch kann Wochen lang in der 4124
Nase bleiben und wenn er verschwunden, unter dem Einflusse der Einbildungskraft von Neuem zurückkehren. Wir haben daher auch hier eine Art von Sinnengedächtniß (§. 3814.). Blutandrang nach dem Kopfe, Geschwülste, welche auf die Geruchsnerven drücken oder Entartungen dieser Theile führen bisweilen zu anhaltenden Geruchsempfindungen. Es kam vor, daß sich Kranke der Art in der Nähe einer Kloake fortwährend zu befinden glaubten. Die Täuschungen, denen in dieser Hinsicht Wahnsinnige oder Nervenfieberkranke unterworfen sind, erklären sich aus ähnlichen Gründen.

Schmecken.

Geschmacksempfindungen. — Wie die Geruchswerkzeuge manche 4125
der Luft beigemischten Stoffe in einem besonderen Sinneseindrucke verrathen, so leisten die Geschmacksorgane einen verwandten Dienst für tropfbar flüssige Körper. Jene stehen zur Athmung in ähnlicher Beziehung, wie diese zur Verdauung. Wir haben schon früher gesehen, daß bisweilen Tastempfindungen, welche die Nasenschleimhaut treffen, mit Gerüchen verwechselt oder wenigstens nicht scharf genug von ihnen geschieden werden. Dasselbe wiederholt sich in noch höherem Grade für die Geschmackswerkzeuge, weil die Zunge nicht bloß Sinnesempfindungen eigenthümlicher Art anregt, sondern sich auch noch in hohem Grade durch die Feinheit ihres Tastgefühles auszeichnet.

Wir können das Süße und das Bittere, das mit keiner besonderen 4126
Nebenwirkung verknüpft ist, als den reinen Ausdruck der Geschmacksthätigkeit ansehen. Die meisten übrigen Geschmacksarten dagegen, welche der Sprachgebrauch unterscheidet, fußen auf anderen Beziehungen. Sie rühren von der Thätigkeit der tastempfindenden oder von dieser und der Wirkung der Geschmacksnerven her. Der kühle, der brennende, der sauere, der gesalzene, der scharfe, der zusammenziehende, der ätzende Geschmack gehört vor Allem zu dieser zweideutigen Art von Eindrücken.

Wir werden in der Folge sehen, daß der tropfbar flüssige Zustand 4127
des getasteten Körpers die erste Bedingung des Geschmackes bildet. Ein kalter Kieselstein, ein kühles Metall, das wir in den Mund nehmen, erregt uns nichts desto weniger einen kühlenden Geschmack. Was wir hierbei empfinden, ist aber nur der Wärmeverlust, den der berührende Körper bedingt. Es erkältet unsere Zungengewebe nach Maßgabe seiner eigenen Temperatur, seiner Leitungsfähigkeit und seiner specifischen Wärme. Die Wahrnehmungen, welche auf diesen Veränderungen fußen, gehören den Tastnerven, nicht aber der eigenthümlichen Sinnesthätigkeit der Geschmackswerkzeuge an.

4128 Prüfen wir die Körper, denen wir einen gesalzenen, einen saueren oder einen scharfen Geschmack zuzuschreiben pflegen, so finden wir, daß sie in doppelter Weise wirken können. Die vordere Zungenhälfte besitzt vor Allem ein feines Tastgefühl, die hintere dagegen ein genaues Unterscheidungsvermögen der eigentlichen Geschmacksempfindungen. Spüle ich mir den Mund sorgfältig aus und lege hierauf ein Stückchen Kochsalz auf die vordere Hälfte des vorgestreckten Zungenrückens, so empfinde ich entweder gar nichts oder einen schwach kühlenden oder brennenden Eindruck, den man leicht als eine Geschmackswirkung zu deuten geneigt wird. Berühren dagegen die Salzstückchen die Zungenwurzel, so schmeckt man sie auf der Stelle in der bekannten eigenthümlichen Weise. Weinessig oder Schwefeläther führen zu ähnlichen Ergebnissen. Der verdunstende Aether erregt die Empfindung der Kälte und des Brennens. Sein besonderer Geschmack zeigt sich erst bei dem Zurückziehen der Zunge, weil dann Theilchen desselben mit den wahrhaft schmeckenden Geweben in Berührung kommen.

4129 Man kann gewissermaßen die Versuche eben so leicht umkehren. Pinselt man die vorgestreckte vordere Hälfte des Zungenrückens noch so sehr mit einer auffallend bitteren wässerigen Lösung von Aloeextract ein, so haben viele Menschen nicht die geringste Spur einer Geschmacksempfindung. Sie stellt sich erst ein, so wie die Flüssigkeit bis zur Unterfläche der Zungenspitze oder zur Zungenwurzel vorgedrungen ist.

4130 Bedingungen des Schmeckens. —. Soll ein Körper einen eigenthümlichen Geschmack erregen, so muß er von vorn herein in tropfbar flüssigem Zustande eingeführt werden oder sich wenigstens theilweise in den Flüssigkeiten der Mundhöhle auflösen können. Ein Quarzkrystall oder ein Kieselstein führt daher nur zu dem Gefühle der Kälte oder des Druckes. Gasförmige Stoffe scheinen erst, wenn sie in die Mundflüssigkeiten aufgenommen sind, geschmeckt zu werden. Läßt man Schwefeläther auf einem Löffel in der Mundhöhle verdunsten, so spürt man im Anfange nur ein Gefühl von Kälte, später ein schwaches Brennen und erst zuletzt den wahren Geschmack. Dieser steht jedoch dem, welchen einige unmittelbar verschluckte Aethertropfen erzeugen, bedeutend nach.

Die schmeckbaren Stoffe, welche in fester Form in die Mundhöhle gelangen, verbinden sich mit den wasserreichen Mischungen, denen sie in der Nähe der Geschmackswerkzeuge begegnen. Es bleibt dagegen dahingestellt, ob das Gleiche für die tropfbar flüssigen Körper wiederkehren muß oder ob ihnen ihr Cohäsionszustand allein die Fähigkeit verleiht, die Geschmacksnerven in eigenthümlicher Weise anzuregen.

4131 Viele Verbindungen, die sich in wässerigen Flüssigkeiten auflösen, besitzen keinen oder einen nur sehr unbedeutenden Geschmack. Es müssen daher noch gewisse Molecularеigenschaften, die sich jedoch nicht näher angeben lassen, hinzukommen, damit der Sinneseindruck möglich werde. Die Verschiedenheit der süßen, der bitteren und der übrigen eigenthümlichen Eindrücke, welche die einzelnen Körper veranlassen, lehrt deutlich, daß die innere Zusammensetzung einen wesentlichen Einfluß in dieser Beziehung ausübt. Da süße Stoffe, wie der Zucker, oder bittere, wie das

Chinin, gar nicht riechen, so folgt, daß die Molecularverhältnisse, welche die Thätigkeit der Geschmackswerkzeuge bestimmen, an nicht flüchtige Stoffe gebunden und von den Riechstoffen unabhängig sein können.

Rührt auch die Eigenthümlichkeit der vollkommen klar aufgefaßten 4132
Geschmacksempfindungen von der Natur der schmeckbaren Stoffe her, so hängt doch oft die Art, wie wir den Eindruck auffassen, von mancherlei Nebenverhältnissen ab. Soll er mit völliger Sicherheit bestimmt werden, so muß er immer eine gewisse Stärke erreichen. Erlangt er jene Höhe nicht, so vergleichen wir nicht selten das unbestimmtere Gefühl mit manchen ganz fremdartigen Empfindungen. Es ereignet sich daher z. B., daß wir den kaum merklichen Geschmack eines süßen oder salzigen Körpers für bitterlich halten, oder daß uns unsere Phantasie irgend eine Geschmacksart, die wir vermuthen, ohne Weiteres vorführt.

Sind die Geschmackswerkzeuge zu schwach befeuchtet, oder mit einer 4133
reichlichen Menge eines sehr zähen Schleimes überzogen, so werden ihre Sinneseindrücke undeutlicher. Es kann auf diese Weise vorkommen, daß ein gesunder Mensch geringe Mengen von Zucker oder Syrup unbestimmt oder gar nicht schmeckt. Die Unvollkommenheit des Geschmackes, die wir häufig bei Katarrhen, bei Magenbeschwerden und in anderen Leiden antreffen, kann auf ähnlichen Verhältnissen fußen. Starke Tabakraucher, deren Zunge einen dicken weißen Belag zu tragen pflegt, haben in der Regel kein sehr feines Geschmacksvermögen.

Die Bewegung der Geschmackswerkzeuge oder die Reibung der schmeck- 4134
baren Stoffe bildet eine Hauptbedingung des Schmeckens. Sie unterstützt es in jedem Falle und macht vielleicht überhaupt erst ein irgend sicheres Urtheil möglich. Wir werden in der Folge sehen, daß die Zungenwurzel die Geschmackseindrücke am genauesten wiedergiebt und daß ihre Fähigkeit, diese Art von Sinneswahrnehmungen zu vermitteln, von keinem Forscher bezweifelt wird. Strecken wir die Zunge so weit als möglich hervor und streuen fein gepulverten Zucker auf den hintersten Theil derselben, so können wir die Geschmacksempfindung für mehrere Minuten unterdrücken, so wie wir nur Sorge tragen, daß wir die Zunge und die Gebilde des Rachenein ganges zu keiner reibenden Bewegung bestimmen. Ein großer Theil des Zuckers zerfließt indeß. Die geringste Schluckbewegung ruft den süßen Geschmack augenblicklich hervor. Wir werden diese Thatsachen in der Folge noch ausführlicher darzustellen Gelegenheit haben. Wie die Riechstoffe nur in der bewegten Luft wirken, so scheint auch etwas Aehnliches für die schmeckbaren Verbindungen wiederzukehren.

Man könnte auf den ersten Blick vermuthen, daß die Bewegungen 4135
nur zum Zwecke haben, die Zahl der Nervenfasern, welche die schmeckenden Verbindungen berühren, zu vergrößern. Da wir jedoch noch keine Geschmackempfindung erhalten, wenn wir eine ausgedehntere Oberfläche der Zungenwurzel mit Zucker bestreuen, so dürfen wir eher schließen, daß die Reibung einen wesentlicheren Nutzen darbietet. Der Vergleich mit den ähnlichen Verhältnissen der Geruchswerkzeuge führt übrigens schon zu demselben Schlusse. Es fragt sich daher, ob es die chemischen Wirkungen

allein sind, welche die eigenthümlichen entsprechenden Sinneseindrücke hervorrufen.

4136 Wiederholte Bewegungen verstärken die Geschmacksempfindung. Wir gebrauchen sie daher als Unterstützungsmittel, um einen sehr schwachen Geschmack zu bestimmen, um den richtigen Eindruck statt der zu leisen unbestimmteren Auffassungen möglich zu machen.

4137 Sitz der Geschmacksempfindung. — Obgleich die Zunge vor Allem als Geschmackswerkzeug angesehen wird, so kann man sich doch bald überzeugen, daß nicht alle Punkte ihrer Oberfläche jenen eigenthümlichen Sinneseindruck liefern können. Man hat auch vielfach gestritten, ob diese Fähigkeit der Zunge allein oder auch anderen Gebilden der Mundrachenhöhle zukommt. Manche Forscher schrieben sie nur der Zunge zu, andere dagegen den verschiedenartigsten Theilen des Mundes, des Rachens, des Schlundkopfes und selbst der Schleimhaut der Luftröhre.

Der Grund dieser Widersprüche liegt nicht bloß in der Verschiedenheit der zu den Versuchen gebrauchten Personen, sondern in den Prüfungsweisen, deren man sich auf diesem Gebiete bediente. Manche Physiologen, welche den dreigetheilten Nerven für den ausschließlichen Geschmacksnerven hielten, ließen sich aus theoretischen Gründen verleiten, die Fähigkeit des Geschmackes dem Zahnfleische, der Wangenhaut, dem ganzen weichen Gaumen und der Gesammtoberfläche der Zunge zuzuschreiben. Andere spritzten Flüssigkeiten in die Nasenhöhle und schlossen aus der dann auftretenden Geschmacksempfindung, daß auch die Hinterseite des weichen Gaumens den Sinneseindruck vermittelt [1]). Die Mischung konnte aber hierbei nach den verschiedensten Punkten hinabrinnen. Ein ähnlicher Einwand gilt für das Verfahren, daß sich ein Mensch die einzelnen Theile der Mundrachenhöhle mit einem Schwämmchen, welcher an einem Stabe befestigt und mit den schmeckbaren Stoffen durchtränkt war, betupfte. Vernière [2]) glaubte auf diese Weise gefunden zu haben, daß der hinterste Theil, die Seitenränder und die Spitze und die Unterfläche der Zunge, die Schleimhaut, welche die Unterzungendrüsen bedeckt, das Gaumensegel, das Zäpfchen, die Gaumenbogen, die Mandeln und die ganze Oberfläche der Schlundschleimhaut Geschmackseindrücke zu vermitteln im Stande sind.

Es ist möglich, daß die mechanische Verbreitung der gebrauchten Lösungen bei dem eben erwähnten Verfahren zu Täuschungen führte, welche ein zu großes Gebiet den Geschmackswerkzeugen anwiesen. Ein anderer Umstand kann aber das Umgekehrte veranlassen. Wir haben §. 4134. gesehen, daß Stoffe, die selbst auf der Zungenwurzel liegen und sich hier in den Mundflüssigkeiten auflösen, nicht eher, als bis reibende Bewegungen hinzukommen, geschmeckt werden. Dasselbe wiederholt sich für andere Gebilde der Rachenhöhle. Es liegt vielleicht hierin ein Hauptgrund, weshalb sich manche Forscher nicht überzeugen konnten, daß auch andere Theile, als die Zunge, mit Geschmacksempfindungen begabt sind.

Ließ ich einen Erwachsenen den Mund öffnen, drückte die Zunge nieder und brachte mit einem Pinsel fein gepulverten Zucker oder Kochsalz an die Hinterwand des Schlundes, welche der Zungenwurzel gegenüberliegt, oder an den oberen Zusammenfluß der beiden Gaumenbogen, so konnten diese Körper mehrere Minuten lang liegen bleiben und sichtlich abschmelzen, ohne daß eine Spur von Geschmacksempfindung zu Stande kam. Eine einfache Schluckbewegung erregte diese natürlich in demselben Augenblicke. Wurde sie aber auch vermieden und ersetzte ich die Reibung durch anhaltendes Pinseln, so nahmen zwei Gehilfen und ich den Tasteindruck zuerst wahr. Es folgte dann eine schwache, nicht recht sicher bestimmbare Geschmacksempfindung. Diese steigerte sich aber bei fortge-

---

[1]) Vernière, in Breschet, Répertoire général d'anatomie et de physiologie. Tom. IV. 3me Trimestre. Paris 1827. 4 p. 40. Vgl. auch Tourtual, a. a. O. S. 95 Bidder, a. a. O. S. 27.

[2]) Vervière, a. a. O. pag. 39. 40.

setzter Reibung in solchem Maaße, daß endlich das Süße oder das Gesalzene mit Sicherheit erkannt wurde. Versuche, die ich in ähnlicher Weise mit Syrup anstellte, lieferten die gleichen Ergebnisse.

Die Zungenwurzel blieb während des Anpinselns unbeweglich. Es läßt sich aber kaum denken, daß jene Lösungen, wenn sie an der Hinterwand des Schlundes gerieben wurden, bis zu ihr vordrangen. Die Schwere mußte sie eher, wenn sie sich überhaupt beträchtlich weiter verbreiteten, gerade nach abwärts führen. Eine andere Versuchsweise beseitigte aber dieses Bedenken in ausgedehnterem Maaße. Ich gebrauchte hier ein Quassiaextract, das durch Mimosenschleim verdickt worden war. Das Ganze bildete eine lehmartige zähe Masse, die sich selbst nur langsam in Wasser verbreitete. Betupfte ich die Spitze des Pinsels mit einer geringen Menge jenes Extractes und bestrich hiermit den unmittelbar zugänglichen Theil der Hinterwand des Schlundes oder den oberen Zusammenfluß der beiden Gaumenbogen, so kehrten die gleichen Ergebnisse, wie früher, wieder. Die Geschmacksempfindung trat nur nach anhaltender Reibung und zwar wiederum in immer deutlicherem Maaße hervor. Zwei Gehilfen und ich selbst hatten hier die gleichen Empfindungen. Ein dritter dagegen schmeckte unter diesen Verhältnissen die bittere Masse nicht, zum Beweise, daß auch hier individuelle Verschiedenheiten eingreifen können. Er hatte früher häufig an Halsbeschwerden gelitten.

Gebraucht man Verbindungen, welche auf die Tastnerven der Mundhöhlengebilde kräftig wirken, so können ebenfalls Täuschungen zu Stande kommen. Bemüht sich der Mensch, den Eindruck, der von seinen schmerzempfindenden Nervenfasern herrührt, näher zu bestimmen, so glaubt er leicht einen schwach bitteren oder einen anderen Nebengeschmack ohne Weiteres wahrzunehmen. Viele der bald zu erwähnenden Erfahrungen, nach denen eine und dieselbe Lösung verschieden zu schmecken scheint, je nachdem sie mit verschiedenen Theilen der Mundrachengebilde in Berührung kommt, fußen wahrscheinlich auf diesen Verhältnissen.

Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß es keineswegs genügt, eine schmeckbare Masse auf einen bestimmten Punkt aufzutupfen und den Erfolg während der Ruhe der Theile abzuwarten. Man muß vielmehr die unterstützende Bewegung durch das Hin- und Herstreichen des Pinsels nachzuahmen suchen.

Aeltere Versuche, die ich an Theile, Gerber, ungefähr 30 Studi- 4138
renden, einer Frau und mir selbst mit Zucker und Alaun anstellte und neuere Beobachtungen, die ich an drei Anderen und mir mit Zucker, Syrup, Aloeextract, schwefelsaurem Chinin, Quassiaextract und Kochsalz machte, führten zu der Ueberzeugung, daß die Zunge genau schmeckender Menschen nicht das einzige Sinneswerkzeug des Geschmackes bildet. Stellen wir zunächst die beständigeren Ergebnisse zusammen, so fand sich, daß die Lippen, die Innenhaut der Wangen, das Zahnfleisch, der Ueberzug des harten Gaumens und der mittlere bis vordere Theil des Zungenrückens keine wahre Geschmacksempfindung vermitteln. Der hinterste Theil der Zunge von der Gegend des blinden Loches an gerechnet, der obere Zusammenfluß und die unteren Verlängerungen der beiden Gaumenbogen bis zur Nachbarschaft des Kehldeckels hinab, und der Theil der Schlundschleimhaut, welcher der Zungenwurzel gegenüberliegt, lieferten mit Ausnahme eines Einzigen den entsprechenden Sinneseindruck, unter den früher erwähnten Bedingungen. Die Unterfläche der Zunge und vorzugsweise die seitlichen Theile derselben riefen die gehörigen Empfindungen in fast allen geprüften Personen hervor. Es zeigte sich jedoch ein Mal, daß dieses nicht der Fall war, daß aber dafür die obere Fläche des Spitzentheiles der Zunge die passenden Fähigkeiten darbot. Die Vorderfläche des hinteren Gaumenbogens und die Oberfläche der Mandeln blieben nur ausnahmsweise unempfindlich. Die Vorderflächen des weichen Gaumens, des

Zäpfchens und des vorderen Gaumenbogens führten zu schwankenden Ergebnissen. Von 8 Personen, welche in dieser Hinsicht in meiner ersten Versuchsreihe genauer geprüft wurden, wollten 2 vollkommene, 4 undeutliche und 2 gar keine Geschmacksempfindung wahrnehmen. Die Vorderfläche des vorderen Gaumenbogens und die Hinterfläche des Zäpfchens schmeckten bei zweien gut, bei einem schwach und bei dreien gar nicht. Wir können daher annehmen, daß die Mehrzahl eher gegen, als für die Sinnesthätigkeit der beiderlei zuletzt angeführten Gruppen der Mundrachengebilde entschied.

Einzelne Erscheinungen, welche bei diesen Beobachtungen vorkommen, unterstützen noch die Ansicht, daß ein bloßes Weiterfließen der schmeckbaren Lösungen die Ergebnisse nicht zu bedingen braucht. Ein Mensch, der nicht das Geringste spürte, so wie ich verdicktes Quassiaextract (S. 297.) auf seine linke Mandel aufstrich, empfand das Bittere, so wie man denselben Versuch an dem oberen Zusammenflusse der beiden Gaumenbogen oder an den früher bezeichneten Stellen der Schleimhaut des Schlundes nach längerer Zwischenzeit wiederholte. Das anhaltende Anpinseln der Vorderfläche des Zäpfchens mit Syrup veranlaßte in Einem einen undeutlichen, schwach bitterlichen, aber keine Spur eines süßen Geschmackes.

4139 Wir haben S. 296. gesehen, daß manche Forscher ein deutliches Geschmacksvermögen der Hinterfläche des weichen Gaumens zuerkannten. E. H. Weber[1]) bemerkte aber schon, daß man das Zuckerwasser, mit dem man die Nasenhöhlen ausgießt, nicht schmeckt (§. 4097.). Mein Gehilfe und ich machten die gleiche Erfahrung. Wir füllten uns die Nasenhöhlen mit schwächeren und stärkeren Zuckerlösungen von 32° bis 35° C. Es war, als wenn wir reines Wasser gebraucht hätten. Wiederholten wir die Beobachtung mit einer gelben und mäßig bitter schmeckenden wässerigen Lösung von Aloeextract, so unterschieden wir auf der Stelle, daß wir kein bloßes Wasser in unseren Nasenhöhlen und an der Hinterseite des weichen Gaumens hatten. Ich empfand aber das Bittere nicht. Ich hatte vielmehr einen unbestimmteren Eindruck, den ich eher mit einer schwach zusammenziehenden Empfindung vergleichen wollte. Mein Gehilfe wollte ein Mal einen bitterlichen Geschmack wahrnehmen.

Begab sich dieser in die zu dem Versuche nöthige Lage (§. 4097.), so schloß sich erst der Gaumen mit seinen Nebengebilden vollständig ab, so wie die Flüssigkeiten eingegossen wurden. Der weiche Gaumen neigte sich gegen die Hinterwand des Schlundes. Die hinteren Gaumenbogen traten coulissenartig weiter nach innen und legten sich an jene an. Das Zäpfchen keilte sich oben ein und trat mit seiner unteren Hälfte wie ein Kegel nach vorn vor. Die Gaumenbogen ließen unter diesen Verhältnissen ein schmales Thor (Bd. I. §. 508. Fig. 73. *g*.), das von der Hinterwand des Schlundes ergänzt wurde, übrig. Hörte der Verschluß auf, so rann die Flüssigkeit an dieser letzteren hinab. Sie gelangte auf diese Weise zu den entschieden schmeckenden Gebilden der Mundrachenhöhle.

4140 Vergleicht man die einzelnen Geschmacksstellen unter einander, so ergiebt sich, daß die Zungenwurzel die größte Empfänglichkeit besitzt. Menschen, die auch an anderen Orten schmecken, erhalten an ihr die lebhaftesten und raschesten Eindrücke des Süßen, des Bitteren und selbst des Ge-

[1]) E. H. Weber, in Müller's Archiv. 1847. S. 356.

salzenen. Personen, die sonst zu keinen deutlichen Urtheilen gelangen, gewinnen hier die sichersten Anhaltspunkte. Man unterscheidet daher noch mit Hilfe der Zungenwurzel Eigenthümlichkeiten, die an anderen Theilen nicht erkannt werden. Die größere Menge von Geschmacksnerven und passendere Vorbereitungswerkzeuge bedingen wahrscheinlich diesen Vorzug der Zungenwurzel.

Die Unterfläche des Vordertheiles der Zunge scheint die zweite Stelle einzunehmen. Ihre Eindrücke übertreffen in der Regel die der empfänglichen Wände des Rachendurchganges an Lebhaftigkeit. Verfolgt man übrigens die Empfindungen, die man bei dem Niederschlucken hat, genauer, so kommt es uns bisweilen vor, daß man den Geschmack auch an anderen Punkten als an der Zungenwurzel wahrnimmt.

Erinnern wir uns der einzelnen Acte des Kauens und des Schlu- 4141
ckens, so können wir die Zweckmäßigkeit, mit der die einzelnen schmeckenden Stellen in der Mundrachenhöhle vertheilt sind, deutlicher erkennen. Der vorderste Theil der Zunge betastet nicht bloß die Speisen, die wir genießen wollen, sondern liefert zugleich einen vorläufigen angenehmen oder unangenehmen Sinneseindruck. Werden dann die Nahrungsmittel zwischen der mittleren Partie der Zunge und der Haut des harten Gaumens zerdrückt, kommen sie bei dem Kauen mit dem Zahnfleische oder der Innenfläche der Wangen in Berührung, so reiben sie sich an keinen mit Geschmacksvermögen begabten Gebilden. Dringen sie aber bei dem Schlucken durch die Rachenenge weiter vor, so werden sie durch einen Ring, der an vielen Stellen ein genaues Geschmacksvermögen besitzt, mit der nöthigen Bewegung und Reibung hindurch gepreßt. Der Hauptgeschmack stellt sich daher in diesem Augenblicke ein. Wollen wir eine unangenehme Masse verschlingen, so suchen wir auch diesen Act, so sehr als möglich, zu umgehen oder unschädlich zu machen. Wir werfen daher z. B. übelschmeckende Pillen in den Rachen, um sie sogleich jenseit jener Prüfungspunkte, so sehr es angeht, aufzufangen.

Der Gedanke, daß die obere Fläche der Zunge die Geschmacksein- 4142
drücke allein vermittelt, führte zu dem Versuche, die Warzen, die an ihr vorkommen, mit der Mechanik dieser Sinnesempfindungen in Beziehung zu bringen. Man dachte vorzugsweise an die umwallten Warzen, die nur an der Zungenwurzel auftreten. Sie sollten die wesentlichsten Vorbereitungswerkzeuge für diese Art von Empfindungen abgeben. Einzelne Forscher glaubten gefunden zu haben, daß eine und dieselbe Verbindung anders schmecke, je nachdem man sie mit den verschiedenen Zungenwärzchen oder mit den übrigen Theilen der Wände der Rachenenge in Berührung bringt. Verbindungen, die auf den umwallten Warzen bitter zu sein schienen, sollten einen süßen oder einen sauren Eindruck auf den übrigen Warzengebilden hervorrufen.

Wählen wir einige Beispiele aus den von Horn [1]) und Picht [2]) in dieser Hinsicht mitgetheilten Angaben, so haben wir:

Verbindung.	Geschmack derselben auf				Beobachter.
	den umwallten Warzen.	d. schwammigten Warzen.	den fadenförmigen Warzen.	dem weichen Gaumen.	
Schwefelsäure	sehr bitter	salzig sauer	stark sauer	—	Horn u. Picht
Essigsäure	bittersalzig	säuerlich	sauer	—	Horn
Kochsalz	bitter	gesalzen	gesalzen	—	Picht
Kohlensaures Ammoniak	bitterlich	schwach salzig	säuerlich	bitterlich	Horn
Zucker	bitterlich	süß	süß	süß	Horn u. Picht
Chinaextract	bitter	säuerlich	sauer	—	Picht
Ochsengalle	bittersüß	bittersüßlich	süßlich	bittersüß	Horn u. Picht

Man sieht, daß hierbei manche Körper, wie die Essigsäure, das Kochsalz oder der Zucker auf den umwallten Warzen andere Empfindungen, als bei dem unmittelbaren Verschlucken an der Zungenwurzel hervortreten, zu liefern schienen. Dieses kann schon zu der Vermuthung führen, daß nur jene vieldeutigen schwachen Wirkungen, die §. 4132. erwähnt wurden, vorhanden waren. Dieselbe Voraussetzung dürfte auch für die Ergebnisse, welche die übrigen Zungenwarzen gaben, gelten.

4143 Es wäre möglich, daß die umwallten Warzen die Geschmackseindrücke erleichtern, weil sie eine größere Oberfläche darbieten und die Reibung begünstigen. Da aber die Unterseite der Zunge ein lebhaftes Geschmacksvermögen besitzt, so ergiebt sich von selbst, daß diese Sinnesempfindung die Anwesenheit besonderer größerer und eigenthümlicher Warzen nicht voraussetzt. Der Bau der übrigen schmeckenden Gebilde der Rachenmenge unterstützt noch diese Ansicht. Wenn einzelne Forscher die Behauptung aufstellten, daß sich die Geschmackswärzchen, während sie den Sinneseindruck vermitteln, aufrichten, so fehlt jeder sichere Erfahrungsbeweis für diese Angabe. Die Kürze der Zeit, in der die Empfindung auftritt, scheint sogar unmittelbar dagegen zu sprechen.

4144 Die neueren Forscher stimmen darin überein, daß der Zungenschlundkopfnerve die Geschmackseindrücke zu vermitteln im Stande ist. Während aber Einzelne diesen Nerven für den Sinnesnerven und die entsprechenden Aeste des dreigetheilten Stammes für den Tastnerven der Zunge halten, glauben Andere, auch diesem einen Antheil an der Geschmacksempfindung zuschreiben zu müssen. Die Gründe, auf welche jede der beiden Parteien fußt, werden uns in der Nervenphysiologie beschäftigen.

4145 Nebenverhältnisse des Geschmackes. — Die Feinheit, mit der ein Mensch die schmeckbaren Stoffe erkennt und unterscheidet, hängt zum Theil von der ursprünglichen Anlage, zum Theil aber auch von der

[1]) W. Horn, Ueber den Geschmackssinn des Menschen. Heidelberg, 1825. S. 85—90.
[2]) F. Picht, De gustus et olfactus nexu, praesertim argumentis pathologicis et experimentis illustrato. Berolini 1829. 8. Tab. annexa.

Uebung ab. Wie einzelne Personen Spuren gebrannten Kaffee's oder geräuchten Tabaks zu bemerken und sogar nach ihren verschiedenen Sorten durch den Geruch zu bestimmen im Stande sind, so können die Wein- und die Theeschmecker die geringsten Unterschiede dieser Flüssigkeiten mittelst ihrer Geschmackswerkzeuge auffassen. Sollen sehr schwache Eindrücke wahrgenommen werden, so werden die so nutzvollen Bewegungen der Geschmackswerkzeuge wiederholt zu Hilfe gezogen. Ein zu häufiger Wechsel der gekosteten Flüssigkeiten schadet der Feinheit der Erkenntniß. Kann die geprüfte Mischung einen deutlichen Geruch gleichzeitig verbreiten, so gelangt man um so eher zu einer genaueren Auffassung ihrer Eigenthümlichkeiten.

Die §. 4092. erwähnten Geruchsversuche führten mich zu ähnlichen Prüfungen der Feinheit der Geschmacksempfindung. Nro. 172. des Anhanges liefert die einzelnen Ergebnisse, die ich bei diesen Forschungen erhalten habe. Ich bereitete mir zuerst eine Lösung von bekannter Concentration, untersuchte sie rücksichtlich ihrer Geschmacksverhältnisse, verdünnte dann einen Theil von ihr in einem bekannten Grade, erforschte die Geschmacksfähigkeit dieser neuen Flüssigkeit und schritt so lange fort, bis die Deutlichkeit der Empfindung zu Grunde ging. Wollte ich sehr kleine Mengen einer Lösung in den Mund bringen, so bediente ich mich der Seite 279. erwähnten Kügelchen und des dort angegebenen Verfahrens.

Wurde die Geschmacksempfindung zweifelhaft, so kostete ich nebenbei das destillirte Wasser, das zur Auflösung gedient hatte. Ich nahm auch die Prüfungen nach größeren Zwischenzeiten vor, damit nicht ein früherer, zurückgebliebener Nachgeschmack das Urtheil bestechen könne. Nahm ich irgend größere Mengen zu mir, so trank ich sie aus einer nach Cubikcentimetern graduirten Röhre ab. Ich vermochte auf diese Weise zu berechnen, wie viel ich von dem aufgelösten Körper in die Mundhöhle eingeführt hatte. Es fand sich hierbei:

1) Rohrzucker. — Er steht verhältnißmäßig den übrigen, von mir untersuchten Körpern beträchtlich nach. Eine Lösung, die $^1/_{18}$ ihres Gewichtes oder genauer 5,6% Zucker enthielt, schmeckte sehr süß. Eine solche, die 2,4% führte, hatte noch einen deutlichen süßen Geschmack. Sank dagegen der Zuckergehalt auf $^1/_{83}$ oder richtiger auf 1,2%, so gaben selbst 20 C.-C. der Lösung, die 0,24 Grm. Zucker enthielten, einen so schwach süßen Geschmack, daß ich ihn, wenn mir die Natur der Lösung unbekannt gewesen wäre, nicht bemerkt haben würde.

2) Weißer Syrup. — Die eben erwähnten Verhältnisse des Zuckers bestätigten sich im Wesentlichen in dieser Versuchsreihe. Eine wässerige Verdünnung, die nahebei $^1/_{10}$ oder vielmehr 9,7% Syrup enthielt, verrieth den eigenthümlichen Syrupgeschmack auf das Deutlichste. Eine Flüssigkeit dagegen, die nur $^1/_{31}$ ihres Gewichtes an Syrup führte, schmeckte so wenig süß, daß man es ohne Kenntniß der Mischung nicht bemerkt haben würde.

3) Kochsalz. — Seine Wirkung ging etwas weiter, als die des Zuckers. Eine Lösung, die 4,7% Kochsalz enthielt, schmeckte schon in kleinen Mengen stark gesalzen. Waren nur $^1/_{218}$ Salz in dem destillirten Wasser aufgelöst, so reichte $1^1/_2$ C.-C. hin, um einen deutlichen, wenn auch schwachen Salzgeschmack hervorzurufen. Enthielt sie aber $^1/_{436}$ Kochsalz, so mußte ich 12 C.-C. trinken, um einen äußerst schwachen und selbst dann kaum merklichen gesalzenen Geschmack aufzufinden.

4) Wasserfreie Schwefelsäure. — Ich bediente mich hier einer Schwefelsäure, die 72,2% wasserfreier Säure enthielt. Eine Mischung, die $^1/_{53}$ Säure (1,7%) führte, wirkte so stark, daß man nicht nur einen bedeutenden sauren und zusammenziehenden Geschmack, sondern auch das Anätzen der Zungenspitze wahrnahm. Wenige Milligramm der verdünnten Schwefelsäure reichten hin, diese Erfolge nach sich zu ziehen. Kaum $^1/_{20}$ C.-C. einer Mischung, die $\frac{1}{2500}$ (0,04%) Schwefelsäure einschloß, machte schon die Zähne in geringem Grade stumpf. Der säuerliche Geschmack ließ sich endlich

noch in einer Flüssigkeit, die $\frac{1}{100000}$ wasserfreier Schwefelsäure dem Gewichte nach einschloß, bei genauer Aufmerksamkeit wahrnehmen. Führte sie dagegen nur $\frac{1}{1000000}$, so konnte kein Unterschied in Vergleich mit destillirtem Wasser aufgefunden werden. Dieses schmeckte höchstens etwas weniger zusammenziehend.

5) Aloeextract. — Hatte ich eine Lösung, die nur $^1/_{323}$ trocknen Aloeextractes enthielt, so rief schon ungefähr $^1/_4$ E.-E. einen anhaltenden gallebitteren Geschmack hervor. Eine Mischung, die nur $^1/_{12500}$ enthielt, verrieth noch den Aloegeschmack, wenn 10 E.-E. genommen wurden. Wurde die Verdünnung bis zu $\frac{1}{900000}$ gebracht, so bemerkte man gewöhnlich keine Spur von Bitterkeit. Verglich man aber die Lösung, deren Natur man kannte, mit destillirtem Wasser, so ließ sich noch ein schwacher Nachgeschmack nach Aloe auffinden.

6) Basisch schwefelsaures Chinin. — Obgleich sich nur $^1/_{740}$ dieses Salzes in kaltem Wasser auflöst, so hat doch eine solche Flüssigkeit einen sehr bitteren Geschmack, der sogar lange im Munde verbleiben kann. 12 Milligramm einer noch etwas schwächeren Lösung ($^1/_{768}$) reichten schon hin, um diese Empfindungen hervorzurufen. Enthielt das Wasser $^1/_{33000}$ Chininsalz, so erkannte ich noch den bitteren Geschmack mit Deutlichkeit. Führte es dagegen nur $\frac{1}{1000000}$, so konnte ich höchstens bei sehr genauer Prüfung eine Spur von stärkerer Bitterkeit bemerken. Jede gewöhnliche Prüfung dagegen führte zu keinem Unterschiede von dem destillirten Wasser.

Ordnen wir die erwähnten Körper nach der Art und Weise, wie sie mit den Verdünnungen ihre Fähigkeit, auf die Geschmacksorgane zu wirken, verlieren, so haben wir: Syrup, Zucker, Kochsalz, Aloeextract, basisch schwefelsaures Chinin und die wasserfreie Schwefelsäure. Die drei ersten Körper vertragen dabei Verdünnungen bei weitem weniger, als die genannten bitteren Substanzen und die Schwefelsäure. Bedenkt man übrigens, daß das reine destillirte Wasser einen sehr schwach bitterlichen und zusammenziehenden Geschmack, wenigstens für mich hat und daß daher die Auffassung der etwas stärkeren ähnlichen Eindrücke der schwächsten Lösungen des Aloeextractes, des Chinins und der Schwefelsäure auf diese Weise erschwert wird, so fragt es sich, ob nicht die Wirkung dieser Körper noch weiter verfolgt werden könnte, wenn jener Nebenumstand hinwegfiele. Es hängt wahrscheinlich mit diesem Vorzuge zusammen, weshalb der bittere Nachgeschmack länger als der süße anhält und nicht selten, wenn er durch diesen scheinbar vertrieben worden, in der Folge von Neuem hervortritt.

Es bedarf nur sehr kleiner absoluter Mengen der bitteren Körper und der Schwefelsäure, damit ihr Geschmack deutlich werde. Vergleicht man die Nr. 172. des Anhanges verzeichneten Einzelwerthe der verschiedenen Verdünnungen, so ergiebt sich, daß $^1/_{100}$ bis $^1/_{50}$ Milligramm für die Schwefelsäure, $^1/_{50}$ für das Aloeextract und $^1/_{62}$ Milligramm für das Chinin zu diesem Zwecke hinreichten.

Man glaubt gewöhnlich, daß man die kleinsten Mengen, die geschmeckt werden, finden kann, wenn man sich der möglichst stärksten Verdünnungen bedient. Wir haben aber schon S. 283. bemerkt, daß dieses nicht der Fall ist. Eine verdünntere Lösung muß in einer verhältnißmäßig größeren Masse angewendet werden, so daß die absolute Menge der schmeckbaren Verbindung bedeutender ausfällt, als wenn man die erforderliche Minimalquantität einer dichteren Lösung gebraucht. Einige aus Nr. 172. des Anhanges entlehnte Beispiele werden uns dieses näher erhärten.

Führte die Lösung 2,4% Zucker, so trat der süße Geschmack auf das Deutlichste hervor, als 22 Milligramm mit der Flüssigkeit eingeführt wurden. War aber die Mischung auf 1,2% gebracht, so gaben selbst 240 Milligramm keinen sogleich auffallenden Zuckergeschmack.

Eine Lösung, die 4,7% Kochsalz führte, forderte so wenig, daß in ihr nur 5 Milligramm eingeführt zu werden brauchten, damit der vollständige Salzgeschmack empfunden werde. War die Verdünnung auf $^1/_4$% getrieben worden, so erregten noch 29 Milligramm einen kaum bemerkbaren Salzgeschmack.

Wir können uns diese Thatsache auf folgende Weise erklären. Soll eine kräftige

bewußte Empfindung zu Stande kommen, so bedarf es nur einer hinreichend starken Anregung einiger wenigen Nervenfasern. Eine sehr kleine Menge einer concentrirteren Lösung, die absolut genommen eine unbedeutende Quantität des schmeckbaren Körpers führt, genügt zu diesem Zwecke. Hat dagegen die Verdünnung beträchtlich zugenommen, so werden alle Nervenfasern nur sehr schwach angesprochen. Es kann höchstens die Anregung einer größeren Menge von ihnen den bewußten Geschmack hervorrufen. Der des Lösungsmittels vermag überdies mit dem des schmeckbaren Körpers in Wettstreit zu treten. Man muß daher so beträchtliche Mengen von Flüssigkeiten einführen, daß größere absolute Quantitäten des Lösungskörpers herauskommen und erzielt dessenungeachtet einen schwächeren Eindruck, als in dem zuerst erwähnten Falle.

Die Art des Eindruckes hängt von vielen persönlichen Verschieden- 4146
heiten ab. Der Eine zieht das Süße, ein Anderer das Saure und ein Dritter das Aromatische vor. Während faulende Körper den Meisten zuwider sind, lieben Gastronomen Wildpret à haut gout oder schmierigen und verschimmelten Käse. Vorgefaßte Ansichten können hier das Urtheil von vorn herein bestechen. Manche fliehen den Genuß von Schneckensuppen, Krebsen, einzelnen Fischen oder Froschschenkeln, weil ihnen die Geschöpfe, von denen die Speisen stammen, widerlich vorkommen.

Man hat häufig den Geschmack den Wächter der Verdauungswerk- 4147
zeuge genannt. Es ist allerdings richtig, daß uns die Annehmlichkeiten, welche er bereitet, zu dem Genusse mancher Nahrungsmittel verführen und daß einzelne schädliche Stoffe ihres widerlichen Geschmackes wegen gemieden werden. Man würde jedoch irren, wenn man den guten Geschmack eines Körpers als ein Zeichen seiner nützlichen Wirkung betrachten wollte. Die meisten stärkemehlartigen Nahrungsmittel und einzelne Fleischsorten kommen uns fade, die schädlichen blausäurehaltigen Flüssigkeiten dagegen angenehm vor. Einzelne Giftlösnngen erzeugen fast gar keine Geschmacksempfindungen.

Die unangenehmen Geschmackseindrücke führen leicht zu Ekel, Uebel- 4148
keiten, Aufstoßen und Erbrechen. Das Ekelgefühl stellt sich aber auch häufig genug unabhängig von ihnen ein. Es begleitet nicht selten die mechanische Reizung der Schlingwerkzeuge oder die lebhafte Erinnerung an widerliche Gegenstände. Eine Lösung von Brechweinstein schmeckt fade, wie reines Wasser. Der Ekel tritt erst später, wenn sich der Sturm der Brechsymptome einleitet, hervor.

Wirken mehrere Geschmackseindrücke gleichzeitig ein, so kann der 4149
stärkere den schwächeren verdrängen. Eine lebhaftere Tastempfindung vermag auch die Aufmerksamkeit von einer feineren Geschmacksauffassung abzulenken. Ein Mensch genießt daher ein Stück faulenden Schinkens, das mit Pfeffer bestreut ist, mit geringer Beschwerde. Der Zusatz von Senf, Essig oder kräftigen aromatischen Verbindungen erfüllt häufig genug den gleichen Nebenzweck.

Die öftere Wiederholung desselben Geschmackes stumpft den Eindruck 4150
nach und nach ab, bis er endlich zuletzt gleichgültig und sogar ekelhaft wird. Es kann sich ein Mensch mit Kaffee, Thee oder anderen Getränken so sehr übersättigen, daß ihm am Ende der bloße Geruch jener Mischungen Uebelkeiten erzeugt. Harnruhrkranke haben bald den lebhaftesten

Widerwillen gegen das derbe Rindfleisch, das Beefsteak oder das Wildpret, das sie ausschließlich zu genießen gezwungen werden. Selbst fade, mehligte Speisen führen früher oder später zu den gleichen unangenehmen Empfindungen. Der Zucker oder der Syrup, der im Anfange unsere Geschmackswerkzeuge angenehm anregt, erzeugt das heftigste Ekelgefühl, so wie er unausgesetzt genossen wird.

4151 Der Eindruck, den eine schmeckbare Verbindung hervorruft, verharrt eine Zeit lang in unseren Schlingwerkzeugen. Dieses kann zunächst davon herrühren, daß die schmeckbaren Theilchen an dem Schleimüberzuge und den zahlreichen Unebenheiten der Gebilde des Rachendurchganges haften bleiben. Wir hätten daher hier eine rein objective Empfindung. Die Aehnlichkeit mit den übrigen Sinneswerkzeugen und mehrere bald zu erwähnende Thatsachen können aber zu der Vermuthung führen, daß die Geschmackswirkung eine Zeit lang subjectiv anzuhalten im Stande ist.

4152 Die Stärke, mit der sich die Geschmacksempfindung behauptet, hängt zunächst von der ursprünglichen Intensität des Eindruckes und der Natur der gekosteten Verbindung ab. Sehr bittere Stoffe erzeugen in der Regel anhaltendere Empfindungen. Hat z. B. ein Mensch eine Auflösung des Aloeextractes oder eines Chininsalzes verschluckt, so schmeckt er bald darauf den Zucker schwächer als sonst. Trinkt er eine größere Menge von Syrup, so verdrängt zwar der Eindruck des Süßen den der Bitterkeit für den Augenblick. Diese kehrt aber nach einiger Zeit von Neuem wieder. Stoffe, welche die Tastnerven der Zunge lebhaft anregen, können ähnliche Wechselerscheinungen herbeiführen.

4153 Die gegenseitige Wirkung der auf einander folgenden Geschmacksempfindungen bestimmt häufig die Art oder die Feinheit der Wahrnehmung. Der gleichzeitige Genuß saurer und süßer oder dieser und bitterer Speisen stört die Annehmlichkeit des Gesammteindruckes. Kostet ein Mensch eine Reihe von Weinen in kurzen Zwischenräumen, so leidet die Feinheit, mit der er die einzelnen Unterschiede aufzufassen vermag.

4154 Es kommt bisweilen vor, daß der Nachgeschmack von dem ursprünglichen Geschmacke abweicht. Gerbestoffhaltige Körper, die im Anfange zusammenziehend oder bitter erscheinen, hinterlassen später einen süßlichen Eindruck [1]). Aromatische Substanzen, wie Calmus oder Baldrian, können eine säuerliche Nachempfindung bedingen. Viele Weine, Liqueure und manche andere Getränke führen zu ähnlichen Folgeerscheinungen. Man hat diese Thatsachen mit den Verhältnissen der Contrastfarben verglichen. Es fragt sich jedoch, ob nicht die nachträglichen Geschmackseindrücke davon herrühren, daß sich einzelne Bestandtheile der gekosteten Verbindungen erst später auflösen oder daß ihre Wirkungen als die schwächeren im Anfange unterdrückt werden. Zucker, Syrup, Aloeextract, Chinin oder Quassia scheinen keine besondere Nachempfindung zu erzeugen.

4155 Bringt man eine saure Masse auf die eine, und eine bittere auf die andere Hälfte der Zungenwurzel, so gelingt es bisweilen, den einen Ein-

[1]) W. Horn, a. a. O. S. 98.

druck vor dem anderen nach Willkür zu bevorzugen. Es scheint daher auch hier ein Wettstreit der verschiedenen Geschmacksstellen möglich zu sein.

Die Nähe der Geruchs- und der Geschmackswerkzeuge und die Be- 4156
dingungen, von denen ihre Thätigkeit abhängt, lassen nicht selten diese beiden Sinnesorgane gleichzeitig wirken. Wir riechen daher den Aether, die Blausäure und die aromatischen Tincturen fast in demselben Augenblicke, in denen wir sie zu schmecken pflegen. Riechende Flüssigkeiten, welche in die Nasenhöhle eingespritzt (S. 296.) oder in ihr oder den Nachbargebilden abgesondert werden, dringen leicht zu den wahren Geschmacksstellen vor. Die widerliche Empfindung, die manche Körper veranlassen, hängt weit mehr von ihrem Geruche, als von ihrem Geschmacke ab. Viele Menschen nehmen die Rhabarber ohne Beschwerde, so wie sie die Nasenlöcher fest zuhalten.

Es versteht sich von selbst, daß der Sinn des Geruches von dem 4157
des Geschmackes streng getrennt ist. Personen, die nicht riechen, können bisweilen die Geschmackseindrücke mit großer Feinheit unterscheiden [1]).

Subjective Geschmacksempfindungen. — Man kann mit 4158
Recht erwarten, daß nicht bloß entsprechende, sondern auch fremdartige Reize (§. 3249.) die Nerven der Geschmackswerkzeuge zu eigenthümlichen Thätigkeiten anregen werden. Es ist jedoch unmöglich, diesen Satz auf dem Erfahrungswege mit Sicherheit zu erhärten, weil alle Versuche, die man anzustellen vermag, die Möglichkeit chemischer Veränderungen der Mundflüssigkeiten offen lassen.

Drückte ich den unteren Theil der Zunge mit zwei Fingern stark 4159
zusammen, so daß ich einen nicht unbedeutenden Schmerz empfand, so bemerkte ich einen schwach alkalischen und nach dem Aufhören des Druckes einen säuerlichen Geschmack. Es fragt sich aber, welchen Antheil der Speichel an diesen Erscheinungen hatte. Manche Menschen vergleichen das Gefühl, welches ein leiserer Druck anregt, mit einem schwach bitterlichen Geschmacke. Streicht ein kalter und trockner Luftstrom über die Oberfläche der Zunge, so bemerkt man eine Kälteempfindung, welche Manche mit dem Geschmackseindrucke des Salpeters in Beziehung bringen. Man darf wohl mit Recht annehmen, daß hier eine sensible Empfindung von dem Urtheil willkürlich ausgelegt wird.

Bringt man einen Zink- und einen Kupferstreifen in die Mundhöhle 4160
und schließt das Ganze, so bemerkt man bisweilen einen rein metallischen Geschmack. Ist aber auch ein galvanischer Strom im Stande, andere eigenthümlichere Empfindungen anzuregen, so fragt es sich, ob nicht die chemische Zersetzung der Mundflüssigkeiten den Eindruck auf rein objectivem Wege hervorruft.

Dasselbe gilt von manchen anderen Erfahrungen. Halten Dupuy- 4161
tren [2]) und Magendie Milch in das Blut von Hunden eingespritzt, so leckten die Thiere mit der Zunge, als wenn sich eine ihnen angenehme

[1]) Vgl. Picht, a. a. O. p 27 — 29.
[2]) Cloquet, a. a. O. S. 237.

Flüssigkeit in ihrer Mundhöhle befände. Dieser Versuch beweist nicht einmal, daß die in dem Blute enthaltenen Stoffe unmittelbar geschmeckt werden. Es wäre möglich, daß schmackhafte Verbindungen mit der Ernährungsflüssigkeit oder dem Speichel austraten und die Aufmerksamkeit des Thieres fesselten. Ein Magenkranker, ein Mensch, der sich heftig geärgert hat, ein Gelbsüchtiger kann von einem bitteren Geschmacke anhaltend gequält werden. Sein Speichel und sein Mundschleim enthalten aber bisweilen Stoffe, die auch jedem Anderen bitter schmecken. Der süße Geschmack, den nicht selten lungenkranke oder brustschwache Menschen nach dem Husten haben, rührt wahrscheinlich ebenfalls von der Wirkung des Auswurfes oder der regelwidrigen Mischungen des Blutes und der Absonderungen her.

Tastsinn.

4162 Jeder der vier höheren Sinne empfängt zwei Arten von Nervenfasern. Die eine führt zu den eigenthümlichen Eindrücken des Gesichtes, des Gehörs, des Geruches oder des Geschmackes, die andere dagegen zu den Tast- und Schmerzensempfindungen, deren die entsprechenden Gewebe fähig sind. Die Tastwerkzeuge fußen in dieser Hinsicht auf einfacheren Verhältnissen. Man kann hier nicht mehr die sensuellen von den sensiblen Nervenfasern unterscheiden. Alle Wirkungen rühren vielmehr, so viel man weiß, von Nerven her, welche stärkere Angriffe mit Schmerz beantworten.

4163 Das Auge belehrt uns nur über die Wellenverhältnisse des Lichtes und das Ohr über die Erschütterungen der wägbaren Körper. Der Geruch und der Geschmack arbeiten nicht minder in einer einseitigen vorgeschriebenen Richtung. Die Empfindungen dagegen, welche die Tastnerven erzeugen können, wechseln in ausgedehnterem Grade nach Maaßgabe der Nebenbedingungen, denen sie ausgesetzt werden.

Berücksichtigen wir zunächst die objectiven Thätigkeiten, die an allen tastenden Hautoberflächen hervortreten, so können sie uns von dreierlei Wirkungsarten, den mechanischen Widerständen, den Einflüssen der Kälte oder der Wärme und den ätzenden Eingriffen Rechenschaft geben. Einzelne Theile unseres Körpers liefern außerdem noch Eindrücke eigenthümlicher Art. Die scheinbaren Geschmacksempfindungen, welche die Tastnerven der Zunge veranlassen, das Stumpfwerden der Zähne, der Hunger, der Durst, der Kitzel und die Wollust gehören zu dieser zweiten Reihe von Auffassungen. Sie sind zwar an bestimmte Stellen unseres Körpers und an gewisse Verhältnisse der anregenden Reize gebunden. Die Nerven aber, welche jene Gefühle vermitteln, können wiederum unter anderen Verhältnissen tasten und unter noch anderen Schmerzen erzeugen. Betrachten wir endlich die subjectiven Eindrücke, welche die sensiblen Nerven anzuregen vermögen, so vergrößert sich noch das Gebiet der hier möglichen Empfindungen. Das Stechen und Prickeln, welches das Einschlafen der Glieder begleitet, das Ameisenlaufen, das Taubsein der Haut, weicht

quantitativ oder qualitativ von den übrigen Tastempfindungen ab. Die Sprache drückt wahrscheinlich die Verschiedenheiten, die hier vorkommen, nicht scharf genug aus. Der Mensch selbst vergleicht nicht selten die Gefühle mit fremdartigen Empfindungen. Bezeichnungen, wie Brennen oder Stechen werden oft genug den mannichfachsten Wahrnehmungen zum Grunde gelegt.

Mehrere Nebenverhältnisse bedingen diese größere Vielseitigkeit der 4164
Tastwerkzeuge oder der Wirkung der sensiblen Nerven. Die vorbereitenden Gebilde wechseln in höherem Grade an den einzelnen tastenden Oberflächen. Dasselbe gilt von den Nervenfasern, welche die Eindrücke vermitteln. Die einen durchsetzen nur ihre Wurzelknoten, während die anderen eine größere Menge von Ganglien längs ihres Verlaufes darbieten. Da aber dieselbe Hautstelle die gewöhnlichen Tastgefühle, die Empfindungen der Wollust oder des Kitzels und die Schmerzenseindrücke zugleich vermitteln kann, da die mechanischen Anregungen anders als die thermischen wirken, so folgt hieraus, daß die Art und die Reihenfolge der Molecularveränderungen, die in den Nerven eingeleitet werden, die Ergebnisse wesentlich bestimmen helfen.

Zweierlei Gattungen von Gewebtheilen, die Fasern der Hautgebilde, 4165
welche die freie Oberfläche begrenzen, und der sie bekleidende Ephithelialüberzug beschützen die Nerven, welche das Tastvermögen vermitteln. Sie führen zunächst die anregenden Reize auf das passende beschränkte Maaß der Einwirkung zurück. Eine ihres Epitheliums beraubte Fläche schmerzt daher unter denselben Eingriffen, die bloße Tastempfindungen an den gesunden Theilen veranlassen.

Die Zellen, aus denen die Oberhaut besteht, verhornen im Laufe ih- 4166
rer Entwickelung stärker, als die der anderen Epithelien. Diese härteren Gebilde liegen zugleich in zahlreicheren Schichten über einander. Da sie überdies ein geringes Wärmeleitungsvermögen besitzen, so können sie mechanische, thermische oder chemische Eingriffe mäßigen und deren schmerzhafte Wirkungen mildern oder aufheben. Es wird daher derselbe Druck oder der gleiche Temperaturgrad, welcher an der äußeren Haut gut vertragen wird, an der Nasenschleimhaut Schmerz erregen.

Die Dicke des Hornüberzuges bestimmt in gewisser Hinsicht den Grad 4167
des Schutzes, dessen sich eine Oberfläche erfreut. Die Fußsohle, die Fingerspitzen, die Zunge und die Bindehaut bilden z. B. deshalb eine absteigende Reihenfolge. Verirrt sich ein Härchen, welches an der Haut kaum gefühlt wird, in den Bindehautsack, so erregt es das Gefühl eines lästigen Druckes, Thränenfluß und krampfhafte Bewegungen der Augenlider. So entschieden sich aber auch jener Einfluß der Hornbekleidung zu erkennen giebt, so läßt sich doch nicht behaupten, daß ihre Dicke immer in umgekehrtem Verhältnisse zu der Feinheit des Tastvermögens steht. Der Reichthum und die Eigenthümlichkeit der Nervenmassen kann hier die Ergebnisse ändern. Die Nasenschleimhaut ist daher weniger empfindlich, als die Bindehaut des Auges.

Alle Punkte unserer äußeren Körperoberfläche besitzen ein feineres oder 4168

stumpferes Tastgefühl. Verfolgen wir dagegen die inneren Höhlungen, so stoßen wir auf die größten Verschiedenheiten. Die Mundhöhle liefert uns das zarteste Tastwerkzeug in der Zungenspitze. Ihre übrigen Theile und die Gebilde des Rachens empfinden zwar die mechanischen, thermischen oder chemischen Eingriffe, sie stehen jedoch in dieser Hinsicht dem vordersten Theile der Zunge in hohem Grade nach. Die Bindehaut beantwortet schon leise Ansprüche mit Schmerzensgefühlen. Der äußere Gehörgang hingegen verhält sich, wie ein stumpfer auffassender Hauttheil. Die Oberflächen der Nasenhöhle, der Harnröhre und des Mastdarmes sind für den Schmerz zugänglicher, als für das eigentliche Tasten. Die der Speiseröhre, des übrigen Nahrungscanales und der Harnblase verrathen bloß diejenigen Veränderungen, die mit schmerzhaften Gefühlen verknüpft sind oder ihnen wenigstens nahe stehen. Unser Bewußtsein erfährt gewöhnlich nie, was an den Innenflächen des Herzens, der Blutgefäße, der Saugadern, der Ausführungsgänge der Drüsen, der serösen Höhlen und der Markräume der Knochen vorgeht. Nur sehr schmerzhafte regelwidrige Eingriffe können in dieser Hinsicht Ausnahmen herbeiführen.

4169 Viele der zuletzt erwähnten Eindrücke hängen mit den Ernährungserscheinungen auf das Innigste zusammen. Die Natur verschloß sie unserer subjectiven Wahrnehmung, weil wir dann fortwährend von einer Reihe unnützer Gefühle heimgesucht und nicht selten zu unpassenden Gegenwirkungen verleitet worden wären. Die Ursache dieser Eigenthümlichkeit liegt vor Allem in den Nervengebilden, deren Verhältnisse uns in der Nervenlehre ausführlicher beschäftigen werden.

4170 Die meisten tastenden Oberflächen sind mit kleinen Hügeln oder Tastwärzchen, in deren Inneres empfindende Nerven eindringen, ausgerüstet. Diese Gebilde vergrößern die Gefühlsfläche. Sie machen sie zugleich rauher und versehen sie gleichsam mit einer Reihe von Spitzen, die an allen ihren freieren Punkten für die Aufnahme von Eindrücken empfänglich bleiben. Die mechanischen Verhältnisse können auf diese Weise genauer unterschieden werden. Reiben wir einen Stab an der Vorderfläche des Zeigefingers und an der Zungenspitze, so kann uns deshalb jene einen lebhafteren Eindruck darbieten.

4171 *Mechanische Wirkungen.* — Der Widerstand, den ein Körper der fühlenden Haut entgegensetzt, wächst unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Härte, welche er darbietet. Der Druck oder Gegendruck, den er auszuüben vermag, wird auf diese Art jene Eigenschaft näher anzeigen. Die Erkenntniß derselben bleibt jedoch in ziemlich engen Grenzen eingeschlossen. Gasmassen, die nicht lebhaft bewegt werden, die keine wesentliche Wärmeunterschiede bedingen, wirken zu schwach, als daß sie von den meisten Taststellen aufgefaßt würden. Ueberschreitet umgekehrt ein Körper einen gewissen Härtegrad, so reicht unser Tastvermögen nicht hin, seine Eigenthümlichkeit genügender anzugeben. Wir urtheilen daher am sichersten über die Dichtigkeitsverhältnisse der nicht zu harten, der halbflüssigen oder der tropfbar flüssigen Verbindungen.

4172 Wir haben früher (§. 4165.) gesehen, daß die Oberhaut den Druck

der Berührungskörper mäßigt. Sie bestimmt daher in gewissem Grade die Stärke des Eindruckes. Stellen, die mit einer dickeren Oberhaut versehen sind, führen zu unbestimmteren Ergebnissen und umgekehrt. Die schwielige Hand eines Arbeiters steht deshalb der zarten einer Dame, die Fußsohle eines jeden Menschen den Fingerspitzen desselben nach. Hat die Oberhaut einen Theil ihrer Hornschichten verloren, ist sie mit Wasser durchtränkt worden, so verleiten uns die leichter hervortretenden Schmerzensempfindungen zu unrichtigen Urtheilen. Eine warme Flüssigkeit kann uns dann dichter, als eine kalte vorkommen. Eine angeätzte oder verbrannte Hautstelle arbeitet ebenfalls unregelmäßiger. Das stumpfere Gefühl, das starke Tabakraucher an ihrer Zunge zu haben pflegen, kann als Beweis dienen, daß betäubende Stoffe die Empfänglichkeit der Nerven für einige Zeit herabsetzen.

Die Feinheit, mit der eine Hautstelle die räumlichen Beziehungen der 4173
betasteten Gegenstände beurtheilt, hängt im Wesentlichen von der Zahl der einzelnen aufgefaßten Punkte ab. Jeder Theil hat nämlich ein Minimum des Abstandes, bei dem zwei Eindrücke nicht mehr für sich, sondern zu Einem verschmolzen aufgefaßt werden. Diese Größe liefert ein Maaß des Unterscheidungsvermögens. Sie vertritt gewissermaaßen im Tastsinn, was der kleinste Gesichtswinkel in dem Sehorgane darstellt.

Will man diese Verhältnisse prüfen, so bewaffnet man die Spitzen eines geraden Stangencirkels mit Korkstückchen. Dieses von E. H. Weber [1]) zuerst angegebene Verfahren gewährt den Vortheil, daß keine Schmerzensempfindung den Eindruck stört. Man verfertigt sich am zweckmäßigsten eine kleine Korkpyramide, halbirt sie von oben nach unten und bekleidet das Ende eines jeden Cirkelarmes mit einem Korktheile, so daß die Schnittflächen bei möglichster Annäherung genau auf einander passen.

Die Werthe, welche diese Beobachtungen liefern, schwanken in hohem 4174
Grade mit Verschiedenheit der Nebenverhältnisse. Lassen wir die ungewöhnlichen Einflüsse, auf die wir in der Folge zurückkommen werden, bei Seite, so hängt zunächst der Erfolg von der Größe, der Art und der Dauer des Eindruckes ab. Stellen sich Schmerzensempfindungen ein, so stören sie die Sicherheit des Urtheils. Werden die beiden Korkspitzen hin und her bewegt, so erkennt man noch Abstände, die sich in der Ruhe nicht verrathen. Hält die Wirkung länger an, so gewinnt die Bestimmung an Sicherheit. Es ist an manchen Stellen gleichgültig, in welcher Richtung die kürzeste, die beiden Tastpunkte verbindende Linie verläuft. Wir können dagegen an anderen kleinere Entfernungen unterscheiden, so wie die Verbindungslinie quer aufgesetzt wird. Die Richtung, welche der Länge des Körpers oder eines Gliedes parallel geht, bietet dann ungünstigere Verhältnisse dar. Ungleichartige Hautstellen führen eher zu genaueren Unterscheidungen, als gleichartige.

---

[1]) Siehe die für die Verhältnisse des Tastsinnes so lehrreiche Abhandlung von E. H. Weber, De subtilitate tactus diversa in diversis partibus sensui huic dicatis in dessen Schrift: De pulsu, resorptione, auditu et tactu: Annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae 1834. 8. p. 44 — 175.

4175 Verkleinert man die Abstände nach und nach, so findet sich der vollkommen einfache Eindruck nicht plötzlich ein. Man stößt vielmehr hierbei auf gewisse Uebergangsgrößen. Die Sicherheit der Bestimmung verliert sich zuerst. Man glaubt bisweilen noch zwei besondere Punkte wahrzunehmen. Ist diese Grenze überschritten, so empfindet man einen ausgedehnteren eiförmigen oder elliptischen Körper, bis endlich Alles in der Wahrnehmung eines kleinen Kreises oder eines sogenannten Punktes untergeht.

4176 Vergleicht man eine Reihe von Personen, so ergiebt sich, daß eine und dieselbe Hautstelle verschiedenartige Werthe liefert. Der Minimalabstand des Einen kann den des Anderen um das Fünffache übertreffen. Er schwankte z. B. zwischen 34 und 7 Mm. für die an den Unterkiefer grenzende Haut des Halses. Personen mit dünner und glatter Haut haben in dieser Hinsicht kleinere Abstände nöthig [1]).

4177 So sehr sich auch diese Verschiedenheiten in den absoluten Werthen zu erkennen geben, so liefern doch die Hautstellen eines jeden einzelnen Menschen eine ziemlich beständige Scala. Die Zungenspitze eröffnet die Reihe mit dem kleinsten nöthigen Abstande. Die Mitte der Rückenhaut steht anderseits an dem Ende derselben.

Anhang Nr. 171. E. H. Weber [2]) hat zuerst eine Tabelle der Art geliefert. Theile, Gerber, Neuhaus, Bühlmann und ich wiederholten dann diese Untersuchungen. Nr. 171. des Anhanges liefert die Grenzwerthe und die Mittelgrößen, welche auf diese Weise an sechs verschiedenen Männern erhalten wurden. Sie sind auch den späteren Betrachtungen zum Grunde gelegt. Eine neuere Prüfung, die Tobler vernahm, weicht nicht wesentlich von den früheren ab. Nur einzelne Stellen gaben eigenthümliche Werthe. (Siehe Anhang Nr. 171.) Untersuche ich gegenwärtig die verschiedenen Taststellen meines Körpers, so erhalte ich nahebei noch die gleichen Zahlen, die ich neun Jahre früher gefunden habe.

4178 Die geringste Entfernung der beiden Punkte, welche die Zungenspitze als das feinste Tastwerkzeug nöthig hat, liegt ungefähr zwischen 1,1 und 0,9 Mm. Das arithmetische Mittel beträgt 1,09 Mm. Die Mitte der Rückenhaut hat in dieser Hinsicht 68,25 und 54,6 Mm. Der stumpfeste Theil tastet daher im Durchschnitt 50mal so schwach, als der feinste.

4179 Legen wir den Mittelwerth der Zungenspitze als Einheit zum Grunde, so können wir die Genauigkeit, mit der die übrigen Gebilde die Entfernungen unterscheiden, mit Bruchtheilen und die Stumpfheit mit Multiplis der Einheit bezeichnen. Die Haut der Mitte des Rückens erhält dann z. B. 0,02 und 50,1.

Anhang Nr. 171. Die Nr. 171. des Anhanges verzeichnete Tabelle liefert diese Doppelwerthe für alle näher geprüften Stellen der Tastwerkzeuge. Es wurden hierbei die Mittelzahlen, welche die §. 4177. genannten sechs Personen ergaben, zum Grunde gelegt.

4180 Die Volarflächen der Fingerspitzen, die wir in der Regel zu feineren Tastbestimmungen benutzen, stehen der Zungenspitze am nächsten. Setzen wir die ihr zukommende Entfernung als Einheit voraus, so haben wir

---

[1]) Vergl. De functionibus nervorum. pag. 118. 119.
[2]) E. H. Weber, a. a. O. pag. 50 — 57.

1,2 für das Ende des Zeigefingers und 1,5 für das eines jeden der übrigen Finger. Die Volarseiten der zweiten und der ersten Glieder bieten schon 3,2 bis 3,4 und die Rückenflächen der letzten Fingerglieder 4,4 dar.

Die Lippen können deutlich beweisen, welchen merklichen Einfluß die 4181
Zartheit der Gewebe auf diese Bestimmungen auszuüben vermag. Ihr rother Theil schließt sich den Volarflächen der Fingerglieder, wiewohl mit einem verhältnißmäßig sehr großen Sprunge an. Während aber ihr Werth 3,1 gleicht, steigt der der weißen Lippentheile auf 4,6.

Die Zungenspitze, welche die Nahrungsmittel vor Allem befühlen soll, 4182
erfreut sich auch des feinsten Tastvermögens. Die übrigen Theile der Zunge stehen dagegen in dieser Beziehung bedeutend nach. Die Mitte des Zungenrückens hat 4,0 und der Rand 5,1. Die Gebilde, an welche die Speisen während und nach dem Kauen angedrückt werden, liefern noch höhere Werthe. Wir erhalten z. B. 8,4 bis 8,5 für die Haut in der Mitte des harten Gaumens und für die Lippenschleimhaut in der Nähe des Zahnfleisches.

Man kann mit Recht erwarten, daß die zarte und nervenreiche Gesichts- 4183
haut von nicht vielen anderen Stellen des Körpers an Feinheit der Tastauffassung übertroffen wird. Die Erfahrung lehrt in der That, daß sich nur die Rückenflächen der Hände und die Volarseiten der Endglieder der Zehen mit ihr zu messen vermögen. Es ergiebt sich zugleich, daß die einzelnen Stellen der Gesichtshaut zu ungleichen Durchschnittswerthen führen. Die Nasenspitze und die nicht rothen Theile der Lippen liefern 4,6, die Außenfläche der Augenlider 7,9, die Wangenhaut über dem Backenmuskel 9,4, die an dem Vordertheile des Jochbeines 9,6, die an der Hinterseite desselben 10,9 und die an der unteren Stirngegend 12,4. Diese tastet daher beinahe dreimal so schwach, als die weißen und viermal so stumpf, als die rothen Theile der Lippen.

Vergleichen wir die Hände und die Füße unter einander, so verräth 4184
sich der Vortheil, den jene vor diesen genießen, auf das Deutlichste. Es zeigt sich zugleich, daß die Volarflächen der Endglieder der Zehen vor allen übrigen Theilen des Fußes bevorzugt sind. Der Werth der großen Zehe gleicht in dieser Hinsicht 6,7 und der des Daumens 1,5. Die Volarseite der Hand giebt 5,4 bis 7,9, die des Hintertheiles der Ferse dagegen 18,6 Obgleich die Rückenflächen der Hände weit stumpfer, als die Volartheile tasten, so eilen sie doch auch den Rückengebilden des Fußes voran. Jene führen im Allgemeinen zu 4,4 bis 14,4 und diese zu 12,2 bis 25,9.

Die Endglieder einer jeden Extremität tasten feiner, als die Mittel- 4185
glieder, und diese unterscheiden wiederum genauer als die Rumpfglieder. Wir erhalten z. B. 1,2 bis 10,2 für die Finger, 5,4 bis 14,4 für die Hand, 27,5 für den Vorderarm und 28,7 bis 35,4 für den Oberarm. Der Endtheil der großen Zehe giebt 6,7, die Plantarfläche des Metatarsusknochens derselben 12,2, die Haut an dem Hintertheile der Ferse 18,6, die des Fußrückens 25,9, des Unterschenkels 28,4 und des größten Theiles des Oberschenkels 34,4 bis 36,5. Wir stoßen jedoch noch hierbei auf

zweierlei bemerkenswerthe Nebenverhältnisse. Die Mittelglieder und die Rumpfglieder zeichnen sich beide durch eine bedeutende Stumpfheit ihres Tastgefühls aus, so daß sie nur in untergeordnetem Grade unter einander abweichen. Es giebt überdies einzelne Stellen, die sich eines verhältnißmäßig größeren Unterscheidungsvermögens erfreuen. Die Achselgrube hat z. B. 26,9, die Haut des Vorderarmes 27,5, die an dem oberen Theile des Oberarmes 28,7 und die der Mitte des letzteren 35,4. Eben so ergaben die Umgebung der Kniescheibe 21,1, der Unterschenkel 28,4, das Gesäß 34,4 und die Mitte des Oberschenkels 36,5. Die Umgebungen der Gelenke sind auch häufig empfindlicher, als die von ihnen entfernteren Orte. Die Zahl der Nerven und die Zartheit der vorbereitenden Gebilde liegen diesen Einzelverhältnissen wahrscheinlich zum Grunde.

4186 Wie die Rückenflächen der Endglieder der Extremitäten den Volarflächen derselben nachstehen, so wiederholt sich im Allgemeinen etwas Aehnliches für den Kopf und den Rumpf. Wir haben schon §. 4183. gesehen, daß der untere Theil der Stirnhaut einen verhältnißmäßig bedeutenden Werth in Vergleich mit den übrigen Gegenden des Gesichtes darbietet. Während seine Zahl 12,4 beträgt, erhalten wir 19,8 für den Scheitel, 27,5 für den Nacken in der Nähe des Hinterhauptes und 38,4 für die Mitte der Halswirbelsäule. Der Schamberg hat 19,0, die Gegend des Heiligbeines 31,0 und die der oberen Lendenwirbel 39,3. Die Brustwarze liefert 25,0, das Brustbein 32,9 und die Mitte des Rückens 50,1.

4187 Die meisten Stellen, welche sich durch die Feinheit ihres Tastgefühls auszeichnen, gehören freien Endtheilen, wie der Spitze der Zunge, den letzten Fingerphalangen, der Nasenspitze und dem Endtheile der großen Zehe, an. Die stumpfesten Orte dagegen liegen an der Mittellinie des Nackens und des Rückens.

4188 Das männliche Glied, dessen Reibung die Wollustempfindung in so hohem Maaße anregt, steht verhältnißmäßig tief in der Scala der Tastempfindlichkeit. Die Vorhaut hat 10,6 und die Mitte des männlichen Gliedes sogar 28,7. Eben so liefern der Schamberg 19,0 und die Brustwarze des Mannes 25,0. Der Penis erzeugt dagegen verhältnißmäßig sehr leicht Schmerzensempfindungen. Berührt man ihn mit zwei unbedeckten Cirkelspitzen, so erhält man hier unter sonst gleichen Verhältnissen unangenehmere Eindrücke, als an dem Fußrücken, der Volarfläche des letzten Gliedes des Zeigefingers und selbst an der Zungenspitze.

Der Geisteszustand ändert nicht selten den Erfolg der die Empfindungsnerven treffenden Eindrücke. Ist die Aufmerksamkeit des Menschen von anderen Dingen gefesselt, so können selbst bedeutende Verletzungen spurlos vorübergehen. Der hitzige Kämpfer bemerkt daher nicht im ersten Augenblicke die Verwundung, die ihn getroffen hat. Personen, deren geistige Fähigkeiten auf einer sehr niederen Stufe stehen geblieben, vertragen chirurgische Eingriffe besser, als Gebildete. Cretins des höchsten Grades, wie sie im Wallis und in dem Aostathale vorkommen, tragen bisweilen Glasscherben in ihren Schuhen, ohne die Unbequemlichkeit zu spüren. Sie scheinen sogar diese Art von Hautreizen zu lieben. Umgekehrt spüren sehr lebhafte Personen, die sich vor einer chirurgischen Operation fürchten, die geringste Verletzung mit der größten Lebhaftigkeit.

Die Uebung kann die Feinheit des Tastgefühls bis zu einem fast unglaublichen Grade steigern. Die Blinden unterscheiden bisweilen die ähnlichsten Zeuge auf das Ge-

neueste. Sie bestimmen auf diesem Wege die Farben einzelner Gegenstände mittelst ihrer Tastwerkzeuge. Die bengalischen Spinnerinnen sondern durch das Gefühl 20 Grade der Feinheit in dem rohen Cocon des Seidengespinnstes [1]). Ein Mensch, der ohne Arme geboren worden, kann auf dem Wege der Uebung seine Zehen, wie wir die Finger gebrauchen. Nicht bloß die Beweglichkeit, sondern auch das Tastvermögen gewinnt auf diese Weise. Unglückliche der Art erkennen so die verschiedenen Sorten von Nähfaden. Sie sind im Stande, Nadeln mit ihren Zehen einzufädeln und feinere weibliche Arbeiten mit ihnen zu verrichten. Ein Mann, dem die beiden Arme und die beiden zweiten Zehen mangelten, hatte sich sogar zum Maler ausgebildet [2]).

Die Schnelligkeit und die Kraft, mit der eine Hautstelle gegen einen widerstehenden Körper gedrückt wird, trägt viel zur Sicherung der Bestimmung bei. Vergrößern sich jene Bedingungsglieder, so können wir auch zwei nahe gelegene Punkte leichter unterscheiden. Harte Körper eignen sich hierzu besser, als weiche und Stoffe von mittlerer Temperatur eher, als sehr warme oder sehr kalte.

Der Zustand, in dem sich die Tastwerkzeuge befinden, übt nicht minder einen wesentlichen Einfluß aus. Umschnürt man den Zeigefinger mit einem festen Bande, so scheint die eintretende Blutstockung die Empfindlichkeit im Anfange eher zu erhöhen, als herabzusetzen. Ich glaube wenigstens zwei Punkte, die sich in der Minimalentfernung befinden, schärfer gesondert, als im freien Zustande zu empfinden. Eine größere Stumpfheit des Gefühls folgt jedoch später nach. Diese verräth sich auch während des Einschlafens des Gliedes oder während des Ameisenlaufens, das man mittelst der Umschnürung des Oberarmes oder des Oberschenkels erzeugt hat. Mäßige Eindrücke rufen dann leicht Schmerzensgefühle hervor.

Ein jeder ungewöhnliche Temperaturgrad, der auf die Haut einwirkt, kann die Tastempfindlichkeit herabsetzen. Diese Wirkung erhöht sich noch, so wie das Wasser den Vermittler bildet, weil die Erweichung der Oberhaut die Störung unterstützt. Schmerzensempfindungen kommen dann leichter zu Stande. Sie treten eher bei zu großer Wärme, als bei verhältnißmäßig bedeutender Kälte hervor. Hat z. B. ein Mensch ein kaltes Bad genommen, so wird er bald bemerken, daß seine Tasteindrücke während der Erstarrung in hohem Grade zurückgedrängt sind, daß sie aber an Kraft gewinnen, so wie die Haut abgetrocknet und das Gefühl der höheren Wärme eingetreten ist. Bleiben die Zunge, die Lippen, die Fingerspitzen mit Eis oder mit Wasser, dessen Wärme 50° bis 52° C. beträgt, eine Zeit lang in Berührung, so stumpft sich das Tastgefühl ab [3]). Der Druck, der die Haut trifft, wird mit geringerer Schärfe wahrgenommen.

Wir haben schon früher bemerkt, daß chemische Eingriffe und betäubende Stoffe der Sicherheit und Feinheit des Tastgefühls schaden können. Die durch Kali glatter gemachte Haut vermag zwar im Anfange etwas feiner zu fühlen. Ein irgend beträchtlicher Druck führt aber bald zu Schmerzensempfindungen.

Lassen wir die Widerstandsverhältnisse der Oberhaut und der übri- 4189
gen Zwischentheile bei Seite, so bildet der Nervenreichthum eines der vorzüglichsten Bedingungsglieder der Feinheit der Tastauffassung. Die Zunge, die Finger- und Zehenspitzen, die Gesichtshaut, die Umgebungen des Ellenbogens und der Kniescheibe empfangen verhältnißmäßig beträchtliche Mengen empfindlicher Nervenstränge. Die Anwesenheit der Nervenknoten und die Eigenthümlichkeit der Centralwerkzeuge kann jedoch die Stärke der bewußten Empfindung wesentlich bestimmen helfen. Die Regenbogenhaut zeigt sich z. B. deshalb unempfindlicher, als die Bindehaut des Auges. Eine Hautstelle, die mit verschiedenartigen Nervenästen aus-

[1]) R. Wagner's Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig, 1845. 8. Seite 336.

[2]) F. Magendie, Handbuch der Physiologie. Uebersetzt von Heusinger. Eisenach, 1834. 8. Bd. I. S. 126.

[3]) E. H. Weber, in Müller's Archiv. 1847. S. 343 fgg.

gerüstet ist, sondert endlich im Allgemeinen die Eindrücke genauer von einander. Zwei Punkte, welche symmetrische Stellen der Rückenhaut treffen, werden deutlicher, als zwei gleiche, die längs der Mittellinie hingehen, aufgefaßt.

4190 Das Urtheil, welches wir über die Raumausdehnung eines betasteten Körpers fällen, hängt in hohem Grade von der Empfänglichkeit der hierzu gebrauchten Hautstellen ab. Der scheinbare Abstand zweier Punkte kann sich mit der zunehmenden Feinheit der betastenden Hauttheile vergrößern. Es wird auf diese Weise eine Täuschung, die E. H. Weber[1]) hervorgehoben hat, möglich gemacht. Gehen wir nämlich mit den zwei gedeckten Cirkelspitzen, deren gegenseitige Lage unverändert bleibt, an Hautstellen von wechselnder Tastempfindlichkeit dahin, so kommt es uns oft vor, als wenn sie einander näher rückten oder sich wechselseitig entfernten, je nachdem man zu empfänglicheren oder unempfänglicheren Tastwerkzeugen fortschreitet. Der Rücken und die Spitze der Zunge, die Wangen, die weißen und die rothen Theile der Lippen, die Unterfläche des Zeigefingers von der Wurzel bis zur Spitze eignen sich am ehesten zu diesen Beobachtungen. Das Scheingefühl der Vergrößerung des Abstandes, das an den empfindlicheren Stellen auftritt, verräth sich meist deutlicher, als die umgekehrte Empfindung, welche die entgegengesetzten Bedingungen begleitet. Da sich die Täuschung bei jeder beliebigen Entfernung der Berührungspunkte geltend machen kann, so folgt, daß wir das Maaß der Tastempfänglichkeit in jedem Falle der Schätzung des Abstandes zum Grunde zu legen suchen. Sind die Cirkelspitzen nicht gedeckt, so kann der stechende Schmerz die Schärfe der Bestimmung beeinträchtigen.

4191 Wirken zwei Eindrücke, welche verschiedene Hautstellen treffen, nach einander, so läßt sich im Allgemeinen der Unterschied der Oertlichkeit leichter auffassen, als wenn sie gleichzeitig thätig sind. Ist dieses Letztere der Fall, so hängt viel davon ab, ob sie mit gleicher Stärke die Tastwerkzeuge ansprechen oder nicht. Es kommt häufig vor, daß der kräftigere oder der schmerzhaftere Eingriff den schwächeren in den Hintergrund drängt.

4192 Berührt nur ein Punkt eine Hautstelle, so kann man nur sehr unsicher bestimmen, in welcher Richtung der Druck unsere Körperoberfläche angreift. Vervielfältigen sich dagegen die einzelnen, gesondert wahrgenommenen Anspruchsstellen, so gewinnt auch in dieser Hinsicht die Schärfe der Beurtheilung.

4193 Ein Körper wird uns um so rauher vorkommen, je klarer wir die Unebenheiten desselben auffassen. Es ergiebt sich daher von selbst, daß sich auch hier die Empfindlichkeit der einzelnen Tastwerkzeuge und der Einfluß der Uebung geltend machen müssen. Fahren wir über die Oberfläche der befühlten Masse hin und her, so werden die Bewegungen das Urtheil wesentlich unterstützen. Sie begünstigen die gesonderte Auffassung

[1]) E. H. Weber, De subtilitate tactus. pag. 59.

der einzelnen Punkte (§. 4174.), belehren uns über die Ausdehnung der verschiedenen Unebenheiten und machen eine genauere Bestimmung des Widerstandsgrades möglich. Es ist daher vortheilhafter, daß sich der fühlende Theil bewegt und der betastete in Ruhe bleibt, als umgekehrt. Die oben erwähnten Thatsachen erklären auch, weshalb häufig die Kante eines Lineals, die wir an der Wange und den rothen Theilen der Lippen reiben, an diesen breiter und rauher, als an jener erscheint.

Wir haben schon früher (§. 3251.) gesehen, daß die Tastwerkzeuge 4194
die Erschütterungen, welche die Tonempfindung bedingen, unter günstigen Verhältnissen ebenfalls auffassen. Soll dieses möglich werden, so müssen die Stöße eine gewisse Stärke besitzen. Das Gehörorgan zeichnet sich in dieser Hinsicht durch eine weit größere Empfänglichkeit aus. Es verschmilzt zugleich eine Reihe der rasch folgenden Stöße zu der Empfindung eines einfachen Tones, während die Tastwerkzeuge immer noch die Unterbrechungen und die Wiederkehr der Erschütterungen auffassen. Es fragt sich übrigens noch sehr, ob die einzelnen tastenden Oberflächen in dieser Beziehung dieselbe Empfänglichkeitsscala, wie für die Unterscheidung der Abstände darbieten. Ich kann z. B. Erschütterungen der Resonanzwerkzeuge eines Claviers, die meiner Zungenspitze und der Haut meines Ellenbogens entgehen, mit dem Endgliede des Zeigefingers deutlich wahrnehmen.

Wir bemühen uns bisweilen, das Gewicht eines Körpers nach dem 4195
Drucke, den er ausübt, zu schätzen. Unser Urtheil hängt hierbei vor Allem von zweierlei Bedingungsgliedern, von den Fähigkeiten der mit der Last beschwerten Körpertheile und von der Nebenhilfe, welche die Bewegungswerkzeuge leisten, ab.

Ruht eine Masse auf einer empfänglicheren Hautstelle, so pflegt sie 4196
uns auch unter sonst gleichen Verhältnissen schwerer vorzukommen[1]). Läßt man eine Billardkugel von der Wange nach den rothen Theilen der Lippen oder von dem Handteller nach den Endgliedern der Finger rollen, so scheint sie an Gewicht zuzunehmen. Wir haben daher hier eine ähnliche Täuschung, wie für die Bestimmung der Abstände (§. 4190.). Die Empfindlichkeitsscala, welche die einzelnen Hautstellen in dieser Beziehung darbieten, stimmt übrigens nicht mit der, welche für die gesonderte Auffassung zweier Punkte gilt, überein. Die Lippen und die Augendeckel empfinden z. B. in der Regel den Druck lebhafter, als die Volarflächen der Endglieder der Finger.

Hält man die Körpertheile, auf denen die Last liegt, vollkommen ru- 4197
hig, so gewinnt man nur sehr unbestimmte Urtheile, die von dem augenblicklichen Eindrucke der Größe der Berührungsfläche und der Wärme der Gewichte abhängen und die nicht selten von Zeit zu Zeit wechseln. Bewegt man sie dagegen auf und ab, so nähern sich unsere Schätzungen der Wahrheit in höherem Maaße. Die Wiederholung dieser Prüfungsweise vergrößert im Anfange die Sicherheit der Bestimmung. Man kann

[1]) Vergl. E. H. Weber, a. a. O. p. 98.

im Allgemeinen annehmen, daß ihre Angaben ungefähr 2 bis 4 Mal so genau, als die günstigsten Bestimmungen des bloßen Tastsinnes auszufallen pflegen.

E. H. Weber [1]) verglich schon diese beiderlei Arten der Schätzung des Gewichtsdruckes. Betrug die Belastung 32 Unzen, so fand sich, daß die Bestimmungsfehler in der Ruhe $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{5}$ und unter der Nebenhilfe passender Bewegungen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{32}$ ausmachten. Der mittlere Irrthum war 0,351 in dem ersten, und 0,096 in dem zweiten Falle. Schloß ich die Augen und ließ dann Gewichte, die ich nicht näher kannte, auf die Handteller bringen, so kam ich häufig zu gar keinem, irgend unveränderlichem Urtheile, so wie die Hände ausgestreckt auf dem Tische liegen blieben. War hier eine Bestimmung möglich, so stieg der Fehler auf $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{9}$ der größeren von den beiderlei Beschwerungen. Konnte ich dagegen die nöthigen Bewegungen vollführen, so traf ich ein Mal das Gleichgewicht vollkommen genau, während sich der Fehler ein zweites Mal bis zu $\frac{1}{4}$ vergrößerte. 7 andere Erfahrungen der Art lieferten $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{167}$. Die durchschnittliche Täuschung aller neun Prüfungen glich 0,073. Sie war ungefähr halb so klein, als in den günstigsten Beobachtungen, die während der Ruhe angestellt wurden. Die aufgelegten Gewichte schwankten hierbei von 135 bis 570 Grm.

Halten sich die Belastungen innerhalb gewisser Grenzen, so scheinen die schwereren durchschnittlich eben so große Irrungen, als die leichteren möglich zu machen. Die rechte Körperhälfte würde nach Weber eine und dieselbe Belastung für kleiner halten, als die linke. Soll ich nach meinen Gefühlen urtheilen, so liefert mir der rechte Handteller die Empfindung eines stärkeren Druckes, als der linke.

4198 Wärmebestimmungen der Haut. — Obgleich die Hautnerven den Temperaturwechsel anzugeben im Stande sind, so richtet sich doch im Wesentlichen das Urtheil, das wir in dieser Hinsicht fällen, nach mehreren Nebenverhältnissen. Die Menge der Wärme, die wir auf diesem Wege gewinnen oder verlieren, scheint vor Allem den Eindruck zu bestimmen. Die Leitungsfähigkeit und die Ausdehnung der Gebilde, die mit den fremdartigen Massen in Berührung kommen und die physikalischen Eigenschaften von diesen wirken in der Regel gemeinschaftlich auf andere Empfindungen ein.

4199 Organtheile, die feiner tasten, nehmen häufig die Wärmeeindrücke mit großer Lebhaftigkeit auf. Man kann sich aber bald überzeugen, daß die Scala, auf die wir in dieser Beziehung stoßen, mit der der Bestimmung der Entfernungen nicht übereinstimmt. Tauche ich gleichzeitig die Spitze des Ellenbogens und den Zeigefinger oder die ganze Hand in Wasser von 8° C., so kommt es mir an dem Ellenbogen kälter, als an den zuletzt genannten Theilen vor. Er ist eben so für die Wärme empfänglicher, als die Spitze der Nase oder der Finger.

Weber [2]) folgert aus seinen Erfahrungen, daß meist die linke Hand die Temperatur des Wassers höher schätzt, als die rechte. Soll ich wiederum nach meinen Gefühlen urtheilen, so muß ich dieser Beziehung der rechten Hand den Vorzug geben. Das später (§. 4203.) erwähnte Brennen tritt auch hier bei mir in der Regel früher ein.

4200 Bleibt die einwirkende Masse die gleiche, so kann die Größe der wirksamen Oberfläche das Urtheil bestechen. Eine und dieselbe Flüssigkeit kommt uns wärmer vor, wenn wir die vier Finger, als wenn wir nur

---

[1]) E. H. Weber, a. a. O. pag. 90.
[2]) E. H. Weber, a. a. O. p. 119. 120.

einen hineinstecken. Weichen die Wärmegrade zweier Flüssigkeiten wenig von einander ab, so kann uns die kühlere, die wir mit einer größeren Fläche berühren, wärmer erscheinen. Ein fester Körper von beschränkter Ausdehnung kommt uns aus demselben Grunde kälter vor, als eine flüssige Masse, welche die Haut inniger umspült. Wir verwechseln in allen diesen Fällen die Menge der Eindrücke mit der Beschaffenheit derselben.

Der Wärmegrad, dessen sich unsere Haut im Augenblicke erfreut, lie- 4201
fert häufig den Maaßstab, nach dem wir die Temperatur beurtheilen. Entkleiden wir uns an einem kühlen Tage, um in einem Flusse zu baden, so frieren wir, ehe wir in's Wasser gehen. Die Luft kommt uns dagegen nach dem Bade warm vor. Tauchen wir den Finger in Wasser von 40°, so erscheint es uns warm, eine Flüssigkeit von 32° dagegen kalt. Haben wir die Hand eine Zeit lang in Wasser von 25° gehalten, so finden wir Wasser von 20° kühl und von 32° lauwarm.

Soll sich die Temperatur einer Masse, die unsere Hant berührt, mit 4202
der Wärme von dieser ausgleichen, so kommen hierbei vor Allem ihr Leitungsvermögen und ihre specifische Wärme in Betracht. Ein Körper, der auf diesem Wege mehr Wärme in der gleichen Zeit entzieht, regt auch ein stärkeres Kältegefühl an. Das Quecksilber erscheint uns deshalb unter den gleichen Verhältnissen kälter, als Wasser oder Oel, und ein festes Metall niedriger temperirt, als ein Stück Glas oder Holz. Stellt man verschiedene Metallstäbe, die in diesen Beziehungen unter einander abweichen und ungefähr gleiche Querschnitte darbieten, in heißes Wasser, so kann man die größeren Unterschiede mittelst der Endglieder der Finger oder mit der Zungenspitze deutlich erkennen. Kupfer und Messing zeigen sich z. B. dann wärmer, als Blei.

C. Brunner [1]) fand, daß manche hysterische Frauen die Wärmeabweichungen genauer, als Gesunde abgeben. Ließ er sie ihnen unbekannte Metallstäbe, die in Seidenpapier gehüllt waren, eine Zeit lang halten und dann nach Maaßgabe der Verschiedenheit der Empfindung, die sie erregten, anordnen, so brachten sie sie ungefähr in Reihen, die dem Leitungsvermögen und der mit der Eigenschwere in Beziehung gebrachten Wärmecapacität entsprachen. Es folgten hiernach Kupfer, Messing, Eisen, Zink, Zinn, Blei und Wismuth. Gesunde Menschen mit zarter Haut und vorzugsweise Frauenzimmer können schon häufig die Wärmeverschiedenheiten von einzelnen der genannten Metalle ohne Weiteres unterscheiden. Steht z. B. die Temperatur derselben hinter der der Körpertheile merklich zurück, so machten Kupfer und Messing auf mich einen bedeutenderen Kälteeindruck, als Blei. Hielt ich die Stäbe eine Zeit lang in einem Wasserbade von 53° C., ließ aber ungefähr gleiche Endstücke derselben frei herausragen, so erschien mir das Kupfer oder das Messing auffallend wärmer, als das Blei, ich mochte die Zungenspitze oder den Zeigefinger zum Tasten gebrauchen. Die Zwischenmetalle, wie Eisen, Zinn und Zink, gaben weniger beständige Unterschiede.

Kann ein Wärmegrad, der von der Temperatur der Körpertheile 4203
wesentlich abweicht, die tieferen Gebilde der Tastorgane durchdringen, so erzeugt sich ein schmerzhaftes Gefühl, das sich von der gewöhnlichen Temperaturempfindung unterscheidet und länger, als die Berührung der

[1]) C. Brunner, Sohn, Ueber die Wirkungen, welche verschiedene Substanzen durch Berührung auf nervenschwache Personen ausüben. Bern, 1848. 8. S. 24—37.

fremdartigen Masse dauert, anhält. Dieses Brennen, das wahrscheinlich von einer Gleichgewichtsstörung der Empfindungsnerven herrührt, wird häufig binnen Kurzem seiner Stärke wegen unerträglich, so daß wir den sehr kalten oder sehr heißen Körper zu verlassen genöthigt werden.

4204 Der Schmerz tritt im Allgemeinen um so früher ein, je empfindlicher die Berührungsstelle und je abweichender die Temperatur des befühlten Gegenstandes ist [1]). Ich konnte z. B. den Zeigefinger meiner rechten Hand nur $2\frac{1}{2}$ Secunden in Wasser von 80° C., dagegen 4 Secunden in solchem von 76° C. halten. Betrug die Wärme 80°, so ergaben in einem anderen Versuche die Zungenspitze und der Zeigefinger 4 und der Mittelfinger 3 Secunden. Sinkt die Temperatur auf 40° bis 45° C, so pflegt jeder Schmerz auszubleiben. Der Ellenbogen zeigte sich hier wiederum empfindlicher, als alle bis jetzt genannten Theile. Das Brennen wurde schon bei 76° C. nach 1 bis 2 Secunden unleidlich und hielt noch einige Minuten im Freien an, während es an der Zunge und den Fingern in kürzerer Zeit aufhörte.

4205 Diese Schmerzensgefühle unterdrücken die genaueren Temperaturempfindungen. Kommen sie ein Mal zum Vorschein, so können wir auch z. B. nur ungefähr entscheiden, ob der eine brennende Körper heißer, als ein zweiter ist. Der Grad des Schmerzes, die Schnelligkeit, mit der er eintritt und sich weiter verbreitet, bilden die einzigen Entscheidungszeichen. Fehlen hingegen jene bewältigenden Gefühle, so können wir kleinere Temperaturabweichungen um so eher schätzen, je näher die Wärme des Berührungskörpers der unserer eigenen Hauttheile steht. 30° bis 40° C. bilden daher in dieser Hinsicht das günstigste Gebiet.

4206 Da das Brennen einerseits erst bei 0° bis 10° und anderseits bei 52° bis 100° einzutreten pflegt, so ergiebt sich, daß der Schmerz bei Temperaturen, welche die thierische Wärme übertreffen, früher, als bei denen, die unter ihr stehen, zu Stande kommt. (Bd. I. §. 335.)

4207 Oertliche Eigenthümlichkeiten der Tastwerkzeuge. — Wir haben schon früher bemerkt, daß einzelne Körpergebilde ein nur unvollkommenes Tastvermögen besitzen. Die Stärke der Schutztheile kann zunächst diesen Nachtheil bedingen. Es tastet daher die Oberfläche des Nagels schwächer, als die Volarseite der Finger. Die Verschiedenheit bezieht sich jedoch hier nur auf die Größe und nicht auf die Beschaffenheit des Eindruckes. Wir finden aber an anderen Stellen, daß die Empfindungen ihrer inneren Natur nach wechseln. Es kann zunächst ein schmerzhaftes Gefühl bei irgend durchgreifenderen Eindrücken, welche z. B. die Haut des männlichen Gliedes, die Bindehaut des Auges u. dgl. treffen, vorherrschen. Die Art der Empfindung, welche die Nasenschleimhaut liefert, weicht von der, welche die Gesichtshaut giebt, wesentlich ab. Das Stumpfwerden der Zähne, das dem Genusse der Säuren folgt, kehrt an keiner anderen Stelle unseres Körpers wieder.

4208 Der Kitzel und die Wollustempfindung stimmen darin überein, daß

[1]) E. H. Weber, a. a. O. pag. 128.

sie nicht durch einen einmaligen, vorübergehenden oder bleibenden Eindruck zu Stande kommen, sondern daß sie eine gewisse Reibung, eine öftere Wiederholung und Vertheilung des Anspruches voraussetzen. Die wahren Wollustgefühle sind hierbei immer an die Geschlechtswerkzeuge gebunden. Der Kitzel bietet dagegen eine größere Mannichfaltigkeit dar. Die Achselhöhle und die Fußsohle pflegen dieses Gefühl am ehesten zu erzeugen. Besitzt dagegen der Mensch eine größere Empfänglichkeit für solche Eindrücke, so kann es schon an der Volarseite der Hand oder des Vorderarmes, am Halse, den Seitenwänden des Brustkastens zu Stande kommen. Die stürmischeren Folgen des Kitzels, wie das Lachen und die ausgedehnteren Gegenbewegungen, fehlen umgekehrt in anderen Personen gänzlich. Die Meisten können sie durch die Kraft ihres Willens gänzlich unterdrücken.

Wie der Schmerz die feineren Tastgefühle in den Hintergrund drängt, 4209
so kann er selbst wiederum von der Wollust oder von ähnlichen Empfindungen für den Augenblick übertäubt werden. Es kommt vor, daß leidenschaftliche Onanisten ihr männliches Glied mit Bindfaden oder Ringen so fest als möglich umschnüren, die Haut desselben blutig kratzen oder selbst das Ganze einschneiden, um ihre Neigung desto nachdrücklicher zu befriedigen. Die harten Stacheln und Warzen, die an der Eichel mancher Beutelthiere vorkommen, greifen wahrscheinlich so tief ein, daß nur die Wollustempfindung des Weibchens die sonst entstehenden Schmerzen beseitigt. Menschen, die an juckenden Hautausschlägen leiden, kratzen sich häufig blutig und haben hierbei ein angenehmes, der Wollust in gewisser Hinsicht ähnliches Gefühl, während sich der oft heftige Schmerz erst nach dem Aufhören der Reibung geltend macht.

Die gewöhnlichen Tasteindrücke können noch eigenthümliche Empfin- 4210
dungen unter gewissen Nebenverhältnissen veranlassen. Viele Menschen befühlen sehr glatte und vorzüglich feinhaarige Gegenstände mit besonderem Wohlbehagen, weil sie ihnen gewissermaaßen den niedersten Grad des Kitzels erzeugen. Klebrige Gegenstände sind dem Einen und feine Pulver einem Anderen in hohem Grade zuwider. Die Stoßbewegungen, die das Kauen von Sandkörnchen, von Knochensplittern, das Durchziehen eines Fadens oder Drahtes durch die Zahnreihen veranlaßt, führen meist zu den unangenehmsten, subjectiven, nicht selten von Fröfteln begleiteten Gegenwirkungen.

Schärfe der Tastempfindung — Wir haben schon §. 3251. 4211
gesehen, daß die Tastwerkzeuge dem Auge und dem Ohre an Feinheit des Unterscheidungsvermögens nachstehen. Der Vergleich einzelner Zahlenverhältnisse, zu denen uns indeß die genauere Betrachtung der verschiedenen Sinne geführt hat, kann uns von der Richtigkeit dieses Satzes näher überzeugen.

Erblickt ein scharfes Auge zwei gesonderte Punkte, so verschmelzen sie noch nicht zu einem Eindrucke, wenn der gegenseitige Abstand ihrer Netzhautbilder $\frac{1}{300}$ Mm. beträgt. Günstige Bedingungen können sogar noch

kleinere Werthe möglich machen. Die Zungenspitze, die am feinsten tastet, liefert nur $^9/_{10}$ Mm. als Minimum.

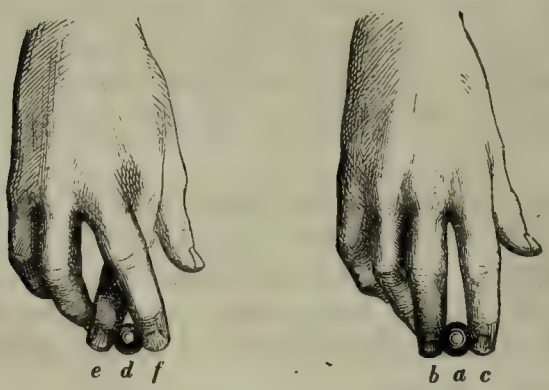
Ein geübtes Augenmaaß wird noch eine 201 Mm. lange Linie von einer, die 200 Mm. mißt, unterscheiden. Ein musikalisches Ohr erkennt noch die Abweichung zweier Töne, deren Schwingungszahlen um $^1/_{300}$ und selbst um $^1/_{1200}$ verschieden sind (§. 4038.). Kein Theil der Tastwerkzeuge ist im Stande, so kleine verhältnißmäßige Differenzen der Abstände oder der Wärmegrade anzugeben. Es hängt von Zufälligkeiten ab, wenn sich die Abschätzung der Gewichte auf so geringe Bruchtheile unter den günstigsten Bedingungen beschränkt. Die Tastwerkzeuge pflegen in ihrem Gebiete in jeder Beziehung unvollkommener, als das Auge oder das Ohr zu arbeiten. Es ist jedoch noch nicht entschieden, in welchem Maaße sie der Einfluß der Uebung von diesem Nachtheile zu befreien vermag.

4212 Gefühlstäuschungen. — Wir begegnen hier wiederum zweierlei Classen von Erscheinungen. Die eine rührt von objectiven Empfindungen, die nur unrichtig gedeutet werden, die andere dagegen von den regelwidrigen Verhältnissen der Nervengebilde her.

4213 Da die einzelnen Theile der Tastwerkzeuge die mannichfachsten Empfänglichkeitsgrade besitzen, so kann ein und derselbe Körper, den wir nicht gleichzeitig sehen, die verschiedensten Vorstellungen veranlassen. Die dumpfen Gefühle der Eingeweide liefern deshalb weit unbestimmtere Erkennungsmittel und zahlreichere Irrungen, als die begünstigten Hautflächen. Reiben wir eine aus platt geschlagenen Ringen bestehende Uhrkette an der Zungenspitze, so gewinnen wir ein ziemlich richtiges Urtheil über ihre Zusammensetzung. Wiederholen wir denselben Versuch an der Nackenhaut, so glauben wir, daß ein nur mäßig rauhes Metallband an unseren Tastwerkzeugen dahingleitet.

4214 Berührt ein Körper zwei verschiedene Tastflächen zu gleicher Zeit, so erhält man meist nur einen einfachen Eindruck. Es kann jedoch unter gewissen künstlichen Verhältnissen vorkommen, daß hier Doppelempfindungen, wie bei dem Schielen der Augen, zu Stande kommen. Ein den Griechen schon bekannter Versuch, den der ältere Sturm genauer beschrieben hat, wird uns dieses am besten versinnlichen.

Fig. 336.



Rollen wir eine Kugel *a*, Fig. 336., zwischen der Daumenseite des Mittelfingers *b* und der Kleinfingerseite des Zeigefingers *c*, so fühlen wir sie einfach. Wir bemerken die beiden einander entgegengesetzten Abschnitte und vervollständigen das Ganze zu dem Bilde einer einzigen Kugel. Kreuzen wir dagegen die beiden genannten Finger, so wie es *e* und *f* andeuten, so glauben wir zwei Kugeln

ſtatt *d* zu haben, ſo wie wir die Reibung eine Zeit lang fortſetzen. Der Verſuch gelingt auch unter ähnlichen Verhältniſſen an den übrigen Fingern, ſchwieriger dagegen an den Zehen. Der eine der beiden Eindrücke fällt in der Regel ſtärker als der andere aus. Man hat dieſen Umſtand für den Grund der Täuſchung angeſehen. Jede der ungleich empfundenen Flächen ſollte auf einen beſonderen Körper bezogen werden. Reibt man aber eine Kugel an der einen Fingerſpitze und an der Zunge, ſo erhält man zwei gleiche Eindrücke ohne Doppelempfindung. Es kann daher jener Irrthum auf dieſen Verhältniſſen nicht fußen.

Sind die Finger, wie *b* und *c* geſtellt, ſo befühlen zwei verhältniß- 4215
mäßig entgegengeſetzte Taſtflächen zwei gegenüberſtehende Kugelabſchnitte. Die Phantaſie ergänzt daher das Uebrige ohne Weiteres zu einem Kugelgebilde. Kreuzen wir dagegen die Finger, wie es *e* und *f* darſtellen, ſo wirken zwei entſprechende Taſtflächen. Dieſes Beſtimmungsglied gewinnt allmälig die Oberhand. Wir nehmen zwei Krümmungsflächen wahr, die ſich nicht unmittelbar zu einer Kugelgeſtalt verbinden laſſen und glauben daher zwei Kugeln mehr oder minder vollſtändig aufzufaſſen. Ein cylindriſcher Körper ſcheint meiſt eine minder deutliche Täuſchung zu liefern.

Objective Eindrücke, welche die Taſtwerkzeuge getroffen haben, hin- 4216
terlaſſen häufig eine merkliche Nachempfindung. Wir haben ſchon §. 4203. geſehen, daß das Brennen, welches ein ungewöhnlicher Temperaturgrad veranlaßte, länger, als der reizende Körper ſelbſt anhält. Mechaniſche Eingriffe können in ähnlicher Weiſe wirken. Ein Menſch, der einen engen Ring, eine feſt anſitzende Brille oder einen drückenden Verband getragen hat, fühlt noch die Beengung, ſo lange ſeine Hautgebilde nach der Entfernung jener Körper eingeſchnürt bleiben. Man ſieht aber leicht, daß gewiſſe objective Veränderungen in allen dieſen Fällen zurückgeblieben ſind und daß wir hier keine rein ſubjectiven Erſcheinungen vor uns haben.

Sind die Gefühlsnerven in ihrer Thätigkeit geſtört, ſo werden die 4217
Eindrücke unrichtig aufgefaßt. Der Menſch deutet ſie unwillkürlich nach ſeinen regelwidrigen Wahrnehmungen. Iſt die eine Hälfte der Ober- oder der Unterlippe gelähmt, ſo glaubt er, wenn er trinkt, daß die Theile des Glaſes, welche jene unthätigen Hautſtellen berühren, ausgebrochen ſeien. Perſonen, die an Halblähmung der Füße leiden, haben nicht ſelten das Gefühl, als wenn ſich eine Waſſerblaſe zwiſchen ihren Fußſohlen und dem Boden befände. Verweilte ich über eine Viertelſtunde in einem kalten Flußbade von 13° C., ſo habe ich einige Zeit ein Gefühl von Pelzigſein in meinen Fingern. Betaſte ich dann mit ihnen einen harten Körper, ſo erhalte ich einen Eindruck, als wenn ſich eine Zwiſchenmaſſe zwiſchen dieſem und meinen Fingern befände. Ich bemerke dann die Härte und die Unebenheiten der befühlten Maſſen mit geringerer Schärfe als ſonſt. Hypochondriſten und Hyſteriſche faſſen häufig die gewöhnlichen Taſtwirkungen unrichtig auf und deuten ſie nach ihren phantaſtiſchen Vorſtellungen. Viele Täuſchungen der Wahnſinnigen beruhen vermuthlich auf ähnlichen Gründen.

Vergl. C. J. H. Inderfurth, De sensus in cute aberrationibus. Bonnae 1832. 4. pag. 15 — 18.

4218 Eine jede Reizung der sensiblen Nervengebilde führt zu subjectiven Empfindungen, die wir häufig in die tastenden Oberflächen versetzen. Die Deutung dieser Gefühle hängt nicht bloß von der Natur der Nerven, sondern auch von der Art, der Stärke und der Dauer der Einwirkung, der sie unterworfen werden, ab. Wir stoßen daher hier eben so sehr auf unrichtige Bestimmungen der mechanischen Verhältnisse und der Wärmebeziehungen, als auf die mannichfachsten Arten der Schmerzenseindrücke.

4219 Der Frost, welcher den Beginn des Fiebers anzeigt, bildet eine rein subjective Empfindung, denn die Theile, in denen die Kälte gefühlt wird, sind eher wärmer, als unter den regelrechten Verhältnissen (§. 294.). Die Hitze, welche später folgt, steht ebenfalls in keinem Verhältnisse zu den Temperaturgraden, welche die physikalische Prüfung nachweist. Die Empfindungen der Kälte, die das Schaudern, den Eintritt eines epileptischen Anfalles oder andere Leiden begleiten, fußen auf ähnlichen subjectiven Erscheinungen.

4220 Das Pelzigwerden der Haut, das Ameisenlaufen, das Prickeln, das Stechen oder Brennen und die ihren ähnlichen Gefühle, welche den anhaltenden Druck der Nervenstämme, das sogenannte Einschlafen der Glieder, die Halblähmungen derselben oder gewisse Reizungen der Centraltheile begleiten, das feine Rieseln der Schläfenhaut, das manche Menschen bei dem Einschlafen bemerken, und andere ähnliche Erscheinungen bilden nur den Ausdruck verschiedenartiger Schmerzensempfindungen. Da hierbei häufig die Stellen, an denen die Eindrücke wahrgenommen werden, wechseln, so können wir schließen, daß dann die Wirkungen die einzelnen Nervenfasern oder deren Centralgebilde zu ungleichen Zeiten treffen. Jeder dieser Theile verfällt gleichsam in eine Reihe von Schwingungen, deren Ausweichungen die Maxima ihrer Stärke in verschiedenen Augenblicken erreichen. Man kann sich hierdurch die Scheinbewegungen, welche hier vorkommen, am einfachsten erklären.

4221 Thermische Täuschungen begleiten häufig diese Schmerzensgefühle. Der Schauder verbindet sich nicht selten mit der Empfindung des Frostes und das Stechen mit dem der Hitze. Das Bewußtsein der Frische, der Leichtigkeit, der Abgeschlagenheit, der Ermüdung und das Mattsein lehrt endlich, daß auch rein subjective Empfindungen auf Muskelgefühle bezogen werden können.

4222 Alle diese Auffassungen rühren zwar häufig genug von vorangegangenen objectiven Einflüssen her. Bloße Vorstellungen, lebhafte Erinnerung, Furcht, Schreck und andere Gemüthseindrücke können aber eben so gut die Empfindungen der Hitze oder der Kälte, des Rieselns, des Prickelns, des Schauders u. dgl. hervorrufen. Die Theile, deren sensible Ansprüche unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht wahrgenommen werden, liefern auch unbestimmtere Empfindungen unter jenen regelwidrigen Verhältnissen. Die äußere Haut scheint in dieser Hinsicht die größte Mannichfaltigkeit darzubieten. Das Ameisenlaufen, das Rieseln und das Prickeln, das an ihr so häufig vorkommt, fehlt selbst den Schleimhäuten, die ein feineres Tastvermögen besitzen.

Nerventhätigkeit.

Die wesentlichsten Merkmale, welche die Lebenserscheinungen der Thiere 4223
von denen der Pflanzen unterscheiden, die Vorzüge, denen jene ihre Ansprüche auf die höchste Stelle unter allen Gebilden der Erdrinde verdanken, hängen ursprünglich von der Anwesenheit eines Nervensystems ab. Die Entwicklungsstufe dieser Gattung von Werkzeugen bestimmt vor Allem die gegenseitige Stellung der wirbellosen Geschöpfe und der Wirbelthiere. Sie ist es, die den Fortschritt der Ausbildung von dem niedersten Fische bis zum Menschen am nachdrücklichsten verräth, die geregelten Triebe und die Willkührhandlungen der einzelnen Thiere bedingt und den Menschen an die Spitze der irdischen Schöpfung stellt. Die Seelenkräfte finden ihre materiellen Vertreter, die mannigfachen Empfindungs- und Bewegungswerkzeuge ihre Einigungspunkte, und die physikalischen und chemischen Veränderungen ihre mittelbaren Leiter in denjenigen Geweben, die wir unter dem Namen der Nervengebilde zusammenfassen.

Dreierlei Wirkungsarten, die jedoch keineswegs wechselseitig abge- 4224
schlossen sind, treten hier vor Allem in den Vordergrund. Die eine bedingt oder vergrößert den Grad von Selbstständigkeit, dessen das thierische Wesen fähig ist. Sie ändert die Vorrichtungen, welche gewisse mechanische oder chemische Zwecke erfüllen sollen. Sie schafft keine vollkommen neue Thätigkeiten, sondern verleiht denen, die auch ohne Nervensystem möglich wären, einen höheren Grad von Vielseitigkeit und einen wechselvolleren Wirkungskreis. Die zweite macht die Empfindung der äußeren Eindrücke und die selbstständige Anregung gewisser fremdartiger, dem Nervensysteme untergeordneter Gewebtheile möglich. Das Thier gewinnt hierbei den Mittelpunkt oder, wahrscheinlich richtiger gesagt, eine Reihe von Sammelpunkten, in denen die Eindrücke angezeigt und die Befehle ausgefertigt werden. Die dritte umfaßt endlich die bewußten gegenseitigen Beziehungen einzelner Thätigkeiten, deren Wirkungen nicht unmittelbar oder wenigstens nicht nothwendiger Weise mit fremdartigen Gewebtheilen in Beziehung stehen. Das reine Denken, das den Menschen vor den Thieren auszeichnet, bildet die höchste Stufe dieses Wirkungskreises.

Die Anordnung der Nervengebilde hängt unter diesen Verhältnissen 4225
von zweierlei Bedingungsgliedern ab. Sollen die äußeren Eingriffe, die

sich an einem Orte geltend machen, die Zustände fern gelegener Theile bestimmen, sollen die Wirkungen die verschiedenartigsten Körpergebilde beherrschen können, so muß jedes Stück, das als Erreger oder als Vollstrecker aufzutreten vermag, mit den Bestimmungsgliedern selbst verbunden werden. Das Nervensystem sendet daher seine Ausläufer nach allen von ihm abhängigen Werkzeugen. Jedes von ihnen kann hierdurch in der großen Hauptwerkstätte entsprechend vertreten werden. Es entscheidet sich aber meist erst in dieser, ob der Eindruck einfach aufgenommen, weiter verarbeitet oder zu gleicher Zeit durch andere Wirkungen beantwortet, ob ein Befehl von selbst ertheilt oder nur unter dem Einflusse einer äußeren Anregung ausgefertigt, ob das Wechselspiel auf die Nervengewebe beschränkt oder auf fremdartige Gebilde ausgedehnt wird. Eine Reihe von Mittelpunkten oder Centralwerkzeugen, die sich gegenseitig bestimmen, anregen oder beschränken, versieht diese zweite Klasse von Thätigkeiten. Das Nervensystem aller Thiere besteht daher aus einer Kette verschiedenartiger Glieder, welche ihre Netze nach den mannigfachsten Körpergebilden aussenden. Tausende von Telegraphenlinien durchziehen die einzelnen Werkzeuge und theilen ihre Zeichen von Station zu Station mit, damit sie ihre Endbestimmung erfüllen können. Der thierische Körper gewinnt hierdurch einen Zusammenhang seiner einzelnen Gebilde, den die Pflanze nie erreichen kann.

4226 Berücksichtigt man nur die Formverhältnisse, welche das freie Auge darbietetet, so zerfällt das Nervensystem der Wirbelthiere in zwei Hauptabtheilungen. Die centrale umfaßt die eng verbundenen Massen des Gehirns und des Rückenmarkes, die peripherische dagegen die Zweige und die Knoten der Nerven, die wir in den übrigen Körpertheilen antreffen. So verschieden auch diese beiden Gruppen auf den ersten Blick zu sein scheinen, so lehrt doch die mikroskopische Untersuchung, daß ihnen im Wesentlichen ähnliche Gewebe größtentheils zum Grunde liegen. Die weißen Massen des Gehirns und des Rückenmarkes bestehen eben so gut aus Nervenfasern, als die peripherischen Nerven. Sie sind nur in jenen zarter, als in diesen — ein Unterschied, der jedoch vorzugsweise von den Hüllenbildungen abzuhängen scheint. Die Nervenkörper kommen nicht bloß in den peripherischen Knoten, sondern auch in den nicht weißen Theilen des Gehirns und des Rückenmarkes vor. Sie zeichnen sich aber hier meistentheils durch ihre größere Weichheit, einen bedeutenderen Wechsel ihrer Form, ihres Umfanges und ihres Inhaltes, so wie durch mannigfaltigere Beziehungen zu den Nervenfasern aus. Man kann sie seltener, als die Ganglienkugeln der peripherischen Knoten, gesondert darstellen. Es bleibt daher häufiger zweifelhaft, wie sie sich zu ihren Nachbargebilden verhalten und welche Nebengewebe in ihrer Umgebung vorkommen. Die dichte Masse der centralen Nerventheile setzt überhaupt unendliche Schwierigkeiten der Untersuchung entgegen. Die vollkommene Entwirrung des Rückenmarkes oder des Gehirns selbst eines kleinen Wirbelthieres, wie z. B. des Frosches, wird daher wahrscheinlich nie gelingen.

4227 Wir können die mannigfachen Thätigkeiten und Beziehungen der

Nervengewebe am zweckmäßigsten verfolgen, wenn wir von dem Einzelnen zum Allgemeinen fortschreiten und das ganze Gebiet in drei Hauptabschnitte eintheilen. Der erste umfaßt die peripherischen, der zweite die centralen Nervenmassen, und das dritte die allgemeinen Beziehungen, welche die Thätigkeiten des Nervensystemes darbieten.

Peripherische Nervengebilde.

Die Nervenwirkung kann in *centripetaler* oder in *centrifugaler* Richtung fortschreiten. Sie verbreitet sich in dem ersten Falle von einem peripherischen Theile nach einem nervösen Mittelpunkte, sie verfolgt die umgekehrte Bahn in dem zweiten. Die Empfindungen und die ferneren Folgen der Eindrücke überhaupt fußen auf centripetalen, die Einflüsse dagegen, welche die nervösen Anregungsarten auf die einzelnen Werkzeuge des Organismus ausüben, auf centrifugalen Leitungsverhältnissen. 4228

Halten wir uns nur an die bis jetzt mit Sicherheit gekannten Thätigkeitsäußerungen der peripherischen Nerven, so müssen wir drei Klassen unterscheiden. Die *sinnesempfindenden* oder die *sensuellen Nerven* vermitteln die Sinneseindrücke, die *schmerzensempfindenden* oder die *sensiblen* das Tastgefühl und den Schmerz, und die *anregenden* oder die *motorischen* die Zusammenziehung der der Verkürzung fähigen Gewebtheile. Die Frage, welche andere Thätigkeitsarten einzelnen Nerven außerdem zukommen können, wird uns in der allgemeinen Nervenlehre ausführlicher beschäftigen. 4229

Die sinnes- und die schmerzempfindenden Nerven leiten in centripetaler, die bewegenden dagegen in centrifugaler Richtung. Da überdies die gleichen Nervenstämme Tast- oder Schmerzenseindrücke nach Verschiedenheit der Verhältnisse bedingen können, so ergiebt sich, daß die sensuellen und die sensiblen Nerven eine größere wechselseitige Verwandtschaft, als die Empfindungs- und die Bewegungsnerven darbieten. 4230

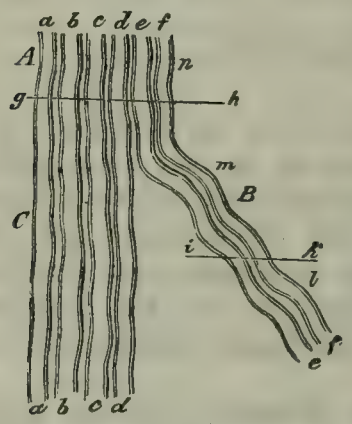
Erfahrungen, die wir später kennen lernen werden, berechtigen zu der Annahme, daß jede einzelne peripherische Primitivfaser einer bestimmten Wirkungsart vorsteht. Man unterscheidet deshalb sensuelle, sensible und motorische Fasern. Ein *reiner* oder *ungemischter* Nervenstamm enthält nur eine Art von Nervenfasern. Liegen dagegen mehrere Klassen von ihnen in einem Nerven neben einander, so rechnet man diesen zu den *gemischten* Nervenstämmen. 4231

Die einzelnen Nerven theilen und verbinden sich in ihrem Verlaufe auf das Mannigfachste. Die mikroskopische Untersuchung zeigt aber, daß sich die Verhältnisse anders, als es das freie Auge darstellt, gestalten. Es kommt, wie wir später sehen werden, vor, daß die Primitivfasern der Nerven an einzelnen Stellen in untergeordnete Zweige zerfallen und daß sie an gewissen Punkten wahrhaft in einander übergehen. Allein keines dieser beiden Verhältnisse bedingt die Verzweigung und 4232

die gegenseitige Vereinigung der Nerven, die wir mit dem freien Auge wahrnehmen.

4233 Ein jeder Nervenstamm, *A* Fig. 337, besteht aus einer Menge neben einander gelagerter Primitivfasern, *a b c d e f*. Theilt sich nun *A* in die gröberen Zweige *B* und *C*, so sondern sich hierbei die ursprünglich zusammengehäuften Fasern *a b c d e f* in die Gruppen *a b c d* und *e f*. Werden die Verhältnisse weder durch wahre Theilungen der Primitivfasern, noch durch die Einschaltung frembartiger Gewebe gestört, so hängt die Dicke der Nervenäste von der Zahl und dem Durchmesser der Fasern, die in jedem Bruchtheile enthalten sind, ab. *C* würde dann z. B. ungefähr doppelt so stark, als *B* ausfallen.

Fig. 337.

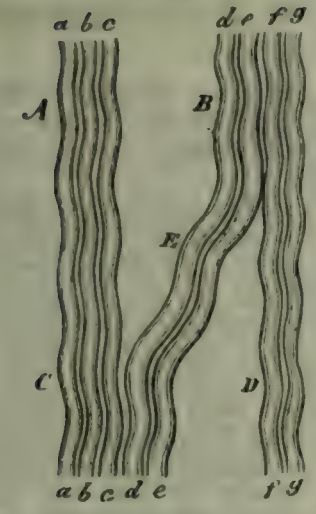


4234 Die Anregung, welche eine einzelne peripherische Primitivfaser durchströmt, theilt sich nur unter gewissen Nebenbedingungen einer benachbarten Faser mit. Ist die Verbindung mit den Mittelpunkten der Nervenwirkung aufgehoben, so können wir vorläufig eine jede peripherische Faser mit einem isolirten Leitungsdrahte, in dem sich ein elektrischer Strom fortwälzt, vergleichen. Wird die Faser an einer Stelle ihres Verlaufes durchschnitten, so ist auch die Fortpflanzung der Anregung an der Verletzungstelle unterbrochen. Setzen wir dieses voraus, so werden wir den Einfluß, den die oben geschilderte gröbere Nervenverzweigung unter den erwähnten Bedingungen ausüben muß, mit Leichtigkeit ermessen.

Gesetzt *A* sei ein empfindender oder ein bewegender Nerv, der sich in *B* und *C* in seinem ferneren Verlaufe gespalten hat, so wird das Ganze gelähmt, so wie man *A* in der Höhe *g h* z. B., der Quere nach durchschneidet. Trennen wir dagegen nur *i k*, so leiden hierunter *e* und *f*, nicht aber *a*, *b*, *c* und *d*. Die Verletzung eines Hauptstammes beherrscht daher die Verhältnisse aller Primitivfasern, die an dem Angriffsorte zusammengehäuft sind, ganz gleichgültig, ob sie später in Seitenzweige eintreten oder nicht. Die Lähmung eines untergeordneten Astes dagegen wirkt nur theilweise auf die Thätigkeit des Hauptstammes zurück. Die Zahl der unmittelbar verletzten Primitivfasern bestimmt die Quantität der Störung, die dem Eingriffe nachfolgt.

4235 Lassen wir die wahren gegenseitigen Verbindungen einzelner Primitivfasern bei Seite, so beruhen die meisten Anastomosen der Nerven auf ähnlichen Verhältnissen, wie die eben erläuterten gröberen Verzweigungen. Zweierlei Arten von Uebergängen können hierbei hervortreten. Gesetzt *A* und *B* Fig. 338. (s. folgende Seite) seien zwei durch

Fig. 338.



eine einfache Anastomose *E* vereinigte Nervenstämme, so führt *E* eine gewisse Menge von Fasern, z. B. *d* und *e*, die ursprünglich in *B* enthalten waren, dem Nerven *A* zu. Während *A* im Anfange nur die Fasern *a b c* einschloß, enthält dessen Fortsetzung *C* die Nervenröhren *a b c d e*. *B* dagegen, das vorher *d e f g* umfaßte, besitzt nur noch *f* und *g*, nachdem es sich in *D* verwandelt hat. Die Lähmung von *A* wird unter diesen Verhältnissen *C* theilweise und *D* gar nicht berühren, die von *B* hingegen eine Abtheilung von *C* und den gesammten Zweig *D* beeinträchtigen.

Fig. 339.

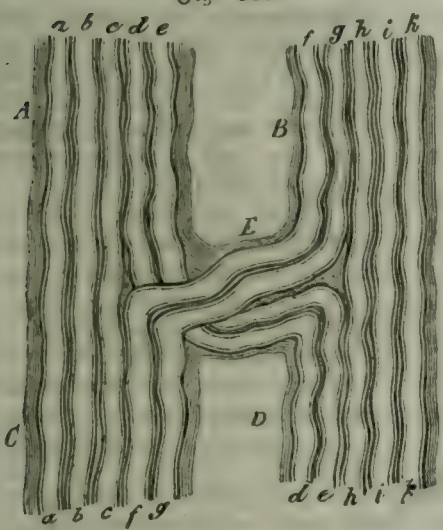


Fig. 339 kann die Erscheinungen, welche die wechselseitigen Anastomosen darbieten, anschaulich machen. *A* besteht ursprünglich aus *a b c d e* und *B* aus *f g h i k*. Die gegenseitige Anastomose *E* führt *f* und *g* von *B* nach *A* und *d* und *e* von *A* nach *B*, Die Unthätigkeit von *A* wird sich daher in *C* auf *a b c* und in *D* auf *d e*, die von *B* dagegen in *C* auf *f* und *g* und in *D* auf *h*, *i* und *k* übertragen. Eine Verletzung, die jeden einzelnen der vier Stämme *A*, *B*, *C*, *D* durchgreifend stört, muß je zwei derselben theilweise beeinträchtigen.

Die Nervengeflechte, die keine Ganglienkugeln führen, gehen aus zahlreichen einfachen oder wechselseitigen Anastomosen hervor. Es wiederholen sich daher in ihnen die eben erläuterten Verhältnisse in verwickelterer Weise. Die Nervenfasern vermischen sich hierbei auf das Mannigfaltigste. Die Zweige, welche aus solchen Geflechten austreten, enthalten nicht selten Primitivfasern der verschiedenartigsten Ursprungsquellen.

Da die einzelnen Primitivfasern nur unter starken Vergrößerungen er- 4236
kannt werden können, so reichen die Untersuchungen, die man mit dem freien Auge oder mit Hülfe einer Loupe anstellt, nicht hin, den Faserverlauf innerhalb der Stämme, der Zweige und der Geflechte zu verfolgen. Stärkere Vergrößerungen sind aber eben so wenig im Stande, diese Aufgabe zu lösen, weil man hier nur kürzere Strecken überschauen und die einzelnen Fasern in keinem irgend dickeren Stamme in größeren Gebieten verfolgen kann. Die physiologischen Versuche führen eher zum Ziele. Man zerstört die einzelnen Wurzelfäden und ermittelt dann, wo möglich, welche Theile gelähmt werden und welche unberührt bleiben. Die wahren Ver-

zweigungen der Primitivfasern und die Mittheilungserscheinungen bereiten jedoch auch hier oft Schwierigkeiten, auf die wir in der allgemeinen Nervenlehre zurückkommen werden.

Das Lendengeflecht des Frosches kann die gröberen Verhältnisse der Anastomosen klar machen. Man zerstört das Rückenmark des vorher enthaupteten Thieres, entfernt die Unterleibseingeweide und enthäutet die hintere Körperhälfte des Frosches, damit man die Zuckungen der einzelnen Muskeln desto deutlicher wahrnehme.

Der siebente bis zehnte Rückenmarksnerv versorgen das Hinterbein des Frosches. Man nennt den Stamm des siebenten Nerven den Leistnerven (N. inguinalis) (*a* Fig. 340), den des achten den Schenkelnerven (N. cruralis) (*b*), den des neunten den Hüftnerven (N. ischiadicus)(*c*), und den des zehnten den Schaamnerven (N. pudendus) (*d*). Der Leistennerv wirkt in vielen Fröschen nur auf die Muskeln des Oberschenkels, der Schenkel- und der Hüftnerv dagegen auf diese und die Muskelmasse des Unterschenkels und des Fußes. Die Reizung des Schaamnerven hat bisweilen keine Bewegungen nach van Deen zur Folge. Er kann aber auch einzelne Muskeln des Oberschenkels nach Eckhard beherrschen. Es kommt selbst vor, daß er die Hinterzehen bewegt (§. 4414).

Fig. 340.

Sorgt man dafür, daß der elektrische Strom auf die einzelnen Nerven beschränkt bleibt, so kann man sich auch mittelst des Magnetelektromotors überzeugen, daß die einzelnen stärkeren Stämme des Hüftgeflechtes, deren Fasern später auf das Mannigfachste an einander gelegt werden, verschiedenartige Wirkungen bedingen. Eine ausführliche tabellarische Uebersicht der Muskeln, welche die Ansprache der verschiedenen Nervenstämme beantworten und der Wechselfälle, die hierbei auftreten, lieferte C. Eckhard in Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. VII. Heidelberg, 1849. 8. S. 304. 305.

Hat man den Leistennerven eines lebenden Frosches durchschnitten, so zieht bisweilen das Thier den Oberschenkel nur mit Mühe an den Hinterleib. Diese Störung verräth sich jedoch in sehr verschiedenem Grade in den einzelnen Geschöpfen. Sie kann sogar manches Mal ganz hinwegfallen. Trennt man den Schenkelnerven, so leiden vor Allem die Bewegungen des Ober- und des Unterschenkels. Der Fuß nebst den Zehen werden aber noch willkührlich gestreckt. Es ereignet sich dabei, daß die gleiche Art von Bewegungen für das Hüft- und das Kniegelenk erhalten bleibt. Schneidet man aber noch den Hüftnerven durch, so wird das Hinterbein vollständiger gelähmt. Eine Verletzung des Schaamnerven führt oft zu deutlichen Schmerzenszeichen. Hat man auch alle Theile des Hüftgeflechtes von dem Rückenmarke losgetrennt, so klopfen noch die hinteren Lymphherzen wochenlang fort.

Könnte sich die Anregung einer Faser einer benachbarten unter allen Verhältnissen mittheilen, so müßte die Trennung eines Theiles des Hüftgeflechtes die Bewegungen der Hinterbeine nicht beeinträchtigen. Wir haben aber gesehen, daß die Erfahrung zu ande-

ren Ergebnissen führt. Beobachtungen, die man an den Wurzeln der Rückenmarksnerven, den Verzweigungen der Stirn-, der Unteraugenhöhlennerven, der Lippen-, der Ohrnerven, der Antlitznerven, des Achsel- und des Hüftgeflechtes der Säugethiere gemacht hat und die wir noch größtentheils in der Folge kennen lernen werden, führen zu dem gleichen Schlusse.

Wir werden in der allgemeinen Nervenlehre finden, daß die Versuche, welche man über die Reizung einzelner Wurzeltheile anstellt, nicht immer zu den eben erwähnten Folgerungen berechtigen. Wollen wir aber Verwirrungen und Unbestimmtheiten vermeiden, so müssen wir bei der Darstellung der Thätigkeiten der einzelnen Wurzeln, Stämme und Aeste der peripherischen Nerven vorläufig einfach angeben, welche Theile die Anregung von diesen zu beantworten pflegen. Die Bestimmung dagegen, ob die Wechselwirkung durch den Verlauf und die Endigung ihrer Nervenfasern oder durch andere Nebenverhältnisse bedingt wird, muß der allgemeinen Betrachtung der Nerventhätigkeiten vorbehalten bleiben.

Ausführliche Versuche über die eben erwähnten Eigenschaften der Geflechte finden sich in: J. van Deen: De differentia et nexu inter nervos vitae animalis et vitae organicae. Lugd. Batav. 1834. 8. p. 26 fgg. H. Kronenberg: Plexuum nervorum structura et virtutes, disquisitionibus anatomicis, microscopicis et experimentis comprobatae. Berolini. 1836. 8. p. 100—140.

4237 **Vertheilung der empfindenden und der bewegenden Nervenfasern.** — Es ist, wie wir in der Folge sehen werden, noch nicht gelungen, sichere anatomische Unterscheidungszeichen zwischen den empfindenden und den bewegenden Nervenfasern aufzufinden. Physiologische Versuche und passende Krankheitsfälle können daher die hier in Betracht kommenden Fragen allein entscheiden. Wir stoßen aber hierbei auf Schwierigkeiten, die sich auf den ersten Blick nicht erwarten ließen.

4238 Stellt man die Beobachtungen in lebenden Thieren an, so vermag man nur in selteneren Fällen anzugeben, welche Art von Sinneseindruck nach einer entsprechenden Verletzung wahrgenommen wird. Der Schmerz, die unwillkührlichen Bewegungen und die Gegenwehr belehren uns, daß ein sensibler Nervenstamm getroffen worden. Erreicht aber die Wirkung keine bedeutende Höhe, so verhalten sich die meisten Thiere solchen Eingriffen gegenüber in höchstem Grade launenhaft. Man macht häufig die Erfahrung, daß einzelne Geschöpfe den Hautschnitt lebhafter, als die Verletzung eines nicht unbedeutenden empfindenden Nervenstammes zu spüren scheinen. Manches Thier bleibt während eines großen Theiles der Operation vollkommen ruhig, während es zu andern Zeiten schwächere Verletzungen mit Stöhnen beantwortet. Hat es viel Blut verloren, ist der Nervenstamm durch reichliche Knotenmassen hindurchgetreten, so fehlen oft alle Merkmahle der Empfindlichkeit. Gehen mehrere sensible Stämme aus einem Knoten hervor, so kann es sich ereignen, daß der schwächere lebhaftere Schmerzen, als der stärkere hervorruft. Man findet z. B., daß ein und dasselbe Säugethier, bei der Trennung des oberen Kehlkopfzweiges laut stöhnt und bei der des Hauptstammes der herumschweifenden Nerven ruhig bleibt.

4239 Es ist übrigens möglich, daß das heftige Schreien kein sicheres Merkmahl eines vollkommen bewußten Schmerzes in Einzelfällen bildet, sondern daß es aus der eigenthümlichen Verkettung der Centralwerkzeuge als Nebenwirkung hervorgeht. Die Betrachtung des verlängerten Markes wird uns später zu dieser Erscheinung zurückführen.

4240 Die Hautlähmungen des Menschen machen es möglich, daß man die unempfindlichen von den empfindlichen Oberflächen unterscheidet. Man kann häufig die Begrenzungen mittelst einer Nadel mit ziemlicher Genauigkeit abstechen. Die günstigsten Fälle der Art pflegen aber nur Sätze, welche die physiologischen Versuche schon ermittelt haben, zu bestätigen. Viele pathologische Erfahrungen können selbst dieser Forderung, wie wir bald finden werden, nicht genügen, weil sich die meisten Leiden über zu große Nervenbezirke ausdehnen und zu verwickelte Erscheinungen nach sich ziehen.

4241 Hängt die Thätigkeit eines Muskels oder eines zusammengesetzteren Bewegungswerkzeuges von einem einfachen Nervenstamm ab, so pflegen sich keine erheblichen Schwierigkeiten der Untersuchung entgegen zu stellen. Ist es möglich, den Nerven in einem lebenden Thiere zu durchschneiden, so erhält man eine vollständige Lähmung jenes von ihm abhängigen Theiles. Muß man sich dagegen auf die Beobachtung an frisch getödteten Geschöpfen beschränken, so findet man wenigstens durch vergleichende Erfahrungen, daß kein anderer, als der gegebene Nervenstamm jene Gebilde zur Verkürzung anregt, so wie die durch Centralwerkzeuge mögliche Uebertragung ausgeschlossen worden.

4242 Vertheilen sich die Bewegungsfasern eines Organes auf eine Reihe von Wurzelstämmen, so fallen oft die Antworten unbestimmter aus. Die Gesammtquelle, von der die Bewegungsnerven abhängen, kann zwar auch hier in der Regel angegeben werden. Es ist jedoch unmöglich, die Rolle, welche die einzelnen Wurzelmassen übernehmen, mit Sicherheit auszumitteln. Ein und derselbe Muskel gehorcht bisweilen gleichzeitig verschiedenen Ursprungsnerven. Der Wadenmuskel des Frosches hängt z. B. eben so gut von dem Schenkel- als von dem Hüftnerven des Lendengeflechtes ab. Besteht das Bewegungswerkzeug aus einer Reihe von Muskeln, so wird es nicht selten unmöglich, jedem von ihnen eine einzelne Nervenquelle entschieden anzuweisen, weil die in dem lebenden Thiere vorgenommene Trennung der untergeordneten Stämme nur unvollkommene und daher schwer zu beurtheilende Lähmungserscheinungen nach sich zieht. Die Versuche, die man an frisch getödteten Thieren anstellt, können zwar eher zum Ziele führen. Es ereignet sich aber bisweilen, vorzüglich in kleineren Geschöpfen, daß man die Verkürzung der einzelnen Muskeln in ihrem natürlichen Zusammenhange nicht genau beurtheilen kann und daß die Ergebnisse in verschiedenen Thieren derselben Art wesentlich abweichen.

4243 Erinnern wir uns der Unterschiede, welche die Verkürzungserscheinungen der einfachen und der quergestreiften Fasern darbieten (§. 2362 fgg.), so ergiebt sich von selbst, daß diese weit leichter als jene zu entscheidenden Ergebnissen führen müssen. Die größeren einfachen Muskelmassen des Nahrungscanales, der Harnblase und der inneren Geschlechtswerkzeuge liefern wiederum günstigere Bedingungen, als die Regenbogenhaut, die Drüsengänge und die Gefäßröhren. Wir werden daher diese drei Gruppen, so sehr es irgend möglich ist, in der Darstellung der Empfindungs- und der Bewegungsverhältnisse zu trennen suchen, und erst

in den allgemeinen Betrachtungen auf das Band, das alle diese Einflüsse verknüpft, ausführlicher zurückkommen.

Wurzeln der Rückenmarksnerven. — Ein jeder Rückenmarks- 4244
nerv geht aus zwei verschiedenen Wurzelbündeln hervor. Das hintere entspringt aus der hinteren Seitenfurche des Rückenmarkes und schwillt früher oder später zu einem Knoten an. Das vordere tritt zu der vorderen Seitenfurche heraus und entbehrt der Ganglienbildung, welche die hintere Wurzel auszeichnet. Einzelne Anatomen glauben, daß die hintere Wurzel in dem ersten Halsnerven des Menschen hinwegfällt. Sie ist aber in der Regel auch hier vorhanden. Sie entspringt nur verhältnißmäßig weiter nach vorn und steht der vorderen an Umfang nach. Der fünfte Kreuzbeinnerv, und die Schwanzbeinnerven haben zwar einfache Ursprungsstränge. Es frägt sich aber, ob nicht hier die beiderlei Wurzelbündel eng an einander liegen und nur das äußere Ansehen eine Scheinausnahme herbeiführt.

Dieser doppelte Ursprung der Rückenmarksnerven kehrt in den meisten Wirbelthieren wieder. Er findet sich in den Haussäugethieren, den Vögeln und den Fröschen, die man zu physiologischen Versuchen zu benutzen pflegt.

Erisistratus und Galen bemühten sich schon, die Fähigkeiten 4245
der Empfindung und der Bewegung verschiedenen Theilen des Nervensystems zuzuschreiben. Jene sollte von dem Gehirn und diese von dem Rückenmarke abhängen. A. Walker berücksichtigte hierbei zuerst die beiden Wurzeln der Rückenmarksnerven. Er leitete jedoch die Empfindung von den vorderen und die Bewegung von den hinteren Ursprungssträngen her. C. Bell lehrte bald darauf, daß das umgekehrte Verhältniß stattfindet, daß die hinteren Wurzeln der Säugethiere nur sensible, die vorderen bloß musculomotorische Fasern enthalten. Hatte er die hinteren Wurzeln der Fußnerven eines Kaninchens durchschnitten, so verlor das Thier dessen ungeachtet nicht die Fähigkeit fortzukriechen[1]). Reizte er die beiden Wurzelgebilde in frisch getödteten Säugethieren, so rief nur der Anspruch der vorderen Zuckungen hervor.

Die zahlreichen Versuche, die in dieser Hinsicht von den verschieden- 4246
sten Forschern an den mannigfachsten Geschöpfen aller vier Wirbelthier-Klassen angestellt wurden [2]), zeugen im Allgemeinen für die Richtigkeit des Bell'schen Lehrsatzes. Die Frösche können die Wahrheit desselben am leichtesten nachweisen. Man vermag auch hier, nach Stannius, am ehesten zu erhärten, daß das Gesetz an allen doppelten Nervenwurzeln ohne Unterschied wiederkehrt.

---

[1]) Karl Bell's physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensystems. Aus dem Englischen übersetzt von M. R. Romberg. Berlin, 1832. 8. S. 25.

[2]) Verzeichnisse der hierher gehörenden Litteratur finden sich z. B. bei: Van Deen, a. a. O. p. 16 — 19. De functionibus nervorum p. 7. F. A. Longet, Recherches expérimentales et pathologiques sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière. Paris, 1841. 8. p. 175.

Burdach und Baer [1]) haben zuerst die Frösche zur Ermittelung der Thätigkeiten der hinteren und der vorderen Nervenwurzeln benutzt. Sie gelangten jedoch hierbei zu keinem befriedigenden Ergebnisse. Joh. Müller [2]) und Panizza [3]) waren in dieser Beziehung glücklicher. Die allgemeinere Anerkennung des Bell'schen Lehrsatzes rührt auch vor Allem von ihren Untersuchungen her

Man befestigt zu diesem Zwecke die vier Beine des Frosches auf einem Brette, in dem vier Nägel eingeschlagen sind, spaltet die Mitte der Rückenhaut der Länge nach und entfernt die Muskelmassen, die sich an die Hinterfläche der Wirbelsäule zu beiden Seiten ansetzen. Kaltes Wasser pflegt die hierbei entstandene Blutung binnen Kurzem zu stillen. Ist dieses geschehen, so geht man mit einer kleinen, auf der Fläche gebogenen und starken Scheere zwischen zwei Wirbeln ein, dringt mit flach gelegter Klinge möglichst nahe an dem Knochen vor und entfernt die hinteren Bogenstücke, so daß man das in seiner Kalkumhüllung befindliche Rückenmark bloßlegt. Dieser Eingriff erfordert die größte Vorsicht, weil jede zufällige Verletzung der Nervenmasse die späteren Versuche vereiteln kann.

Obgleich eine gewöhnliche Scheere, wie sie oben beschrieben worden, bei gehöriger Uebung in allen Fällen zum Ziele führt, so hat man sich doch mit Recht bemüht, die Eröffnung des Schädels und der Wirbelsäule des Frosches durch den Gebrauch eigener Werkzeuge zu erleichtern. Fig. 341 u. 342 stellt zwei von Stilling [4]) empfohlene passende Vorrichtungen in 1/3 der natürlichen Größe, so wie ich sie zu gebrauchen pflege, dar.

Fig. 341.

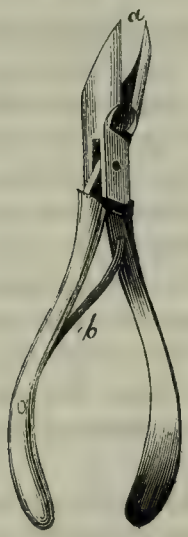


Fig. 342.

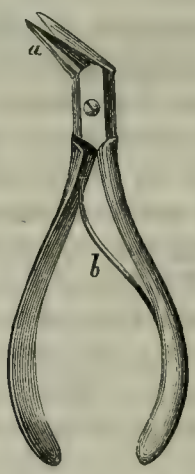


Fig. 341 gleicht einer Nagelzange, die nur vorn bei a spitz ausläuft. Hat man den Zwischenraum zwischen zwei Wirbeln geöffnet, so schiebt man die Spitze vor und schneidet dann die Wirbelbogen an beiden Seiten nach einander durch. Fig. 342 eignet sich vorzugsweise, die Schädelknochen von oben her oder die Wirbelkörper von vorn abzutragen. Die Federn b können nach außen zurückgelegt werden, damit die Zangen, wenn man sie nicht braucht, vollständig geschlossen bleiben und daher passender aufbewahrt zu werden vermögen.

Die Ablösung der Wirbelbogen und vorzüglich die Verletzung der obern Längsblutader der Rückenmarkshöhle zieht eine starke Blutung nach sich. Ist man nicht im Stande, sie mit Wasser binnen Kurzem zu stillen, so dreht man die Durchschnittsenden des erwähnten Gefäßes mit einer kleinen Pincette mehrere Male im Kreise herum. Man entfernt hierauf die Hüllen des Rückenmarkes, so weit sie die Uebersicht stören, und bindet endlich den Frosch los, um sich zu überzeugen, daß die bisherigen Eingriffe seinen Bewegungen nicht geschadet haben. Ist Alles gut gelungen, so springt das Thier lebhaft weiter und beherrscht seine Beine gleich einem gesunden Geschöpfe.

Hat man es von Neuem angebunden, so durchschneidet man rechts die leicht zugänglichen hinteren Wurzelfäden, die z. B. dem Hinterfuße entsprechen, mit einer Staarnadel,

---

[1]) C. F. Burdach, Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. I. Leipzig, 1819. 4. Seite 263.

[2]) Joh. Müller in Froriep's Notizen Nr. 646. Weimar, 1831. 4. S. 113 fgg.

[3]) B. Panizza, Ueber die Verrichtungen der Nerven. Uebersetzt von Schneemann. Erlangen, 1836. 8. S. 46.

[4]) B. Stilling, Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarkes und der Nerven. Leipzig, 1842. 8. S. 4.

links dagegen die vorderen, während die hinteren unversehrt bleiben. Man schiebt zu diesem letzteren Zwecke das Rückenmark leise zur Seite, reinigt sich das Gesichtsfeld so sehr als möglich und geht dann mit einer senkrecht eingeführten Staarnadel an dem Boden der Wirbelsäule dahin.

Läßt man hierauf den Frosch frei, so bewegt er sein rechtes Hinterbein nach seinem Willensbefehle. Er gebraucht es bei dem Kriechen, dem Springen oder dem Schwimmen. Die Gründe, weshalb bisweilen einzelne Unregelmäßigkeiten in jenen zusammengesetzteren Thätigkeiten vorkommen, werden uns in der Folge beschäftigen. Das linke Hinterbein dagegen ist motorisch gänzlich gelähmt. Es wird wie todt nachgeschleppt, und das Thier kann es bei der größten Anstrengung nicht beherrschen. Wir sehen hieraus, daß die Bewegungen von den vorderen und nicht von den hinteren Nervenwurzeln abhängen.

Prüfen wir die Hautempfindlichkeit, so stoßen wir auf die entgegengesetzten Erscheinungen. Wir können das rechte Bein kitzeln, stechen, anschneiden, mit Essigsäure oder mit Kalilösung betupfen und selbst den Fuß am Lichte zu Kohle verbrennen, ohne daß Widerstandsregungen des Thieres die Spur eines Schmerzes verrathen. Wiederholen wir dann den gleichen Versuch an dem linken Hinterbeine, so geben die Bewegungen des Frosches die vorhandene Empfindung deutlich kund. Sein Wille beherrscht aber immer noch den Stumpf des verkohlten rechten Hinterbeines.

Reizt man die durchschnittenen Wurzelstränge, so erhält man entsprechende Ergebnisse. Drückt man den peripherischen Abschnitt einer durchschnittenen hinteren Wurzel zusammen, so stößt man weder auf Schmerzenszeichen, noch auf Verkürzungserscheinungen. Wiederholt man das Gleiche an dem Theile, der mit dem Rückenmarke zusammenhängt, so krümmt sich das Thier, sucht zu entfliehen und stößt, wenn es kann, Schmerzenslaute aus. Prüft man ein vorderes Wurzelbündel in ähnlicher Weise, so bedingt der Anspruch des centralen Abschnitts keinen sichtlichen Erfolg, während der peripherische Bewegung veranlaßt. Will man elektrische Ströme als Reizmittel gebrauchen, so muß man sie so schwach nehmen, daß sie nicht zu entfernten Theilen des Präparates durch die Flüssigkeiten desselben vordringen. Bedient man sich chemischer Auflösungen, so ist eine ähnliche Vorsicht geboten. Man legt das Nervenstück in beiden Fällen auf ein trockenes Glasplättchen, um es, so sehr es angeht, zu sondern.

Man kann auch den Versuch machen, die Eingeweide zu entfernen, die Wirbelkörper hinwegzubrechen und die vorderen Wurzeln von vorn her bloßzulegen. Da aber dieses grausamere Verfahren häufig mißlingt, so wird man es im Ganzen seltener anwenden.

Frisch getödtete Thiere können den Bell'schen Lehrsatz nur theilweise erhärten, weil die bewegenden Wurzeln positive, die empfindenden dagegen negative Ergebnisse liefern. Soll der Versuch scharf ausfallen, so muß man vorher die sensiblen Wurzeln vollständig durchschnitten haben und nur die peripherischen Bruchstücke derselben der Prüfung unterwerfen. Die centralen können, wie wir später sehen werden, eigenthümliche Bewegungen, die nicht hierher gehören, auf dem Wege der Uebertragung möglich machen. Will man sich vor ihnen bewahren, so kann man auch den entsprechenden Theil des Rückenmarkes gänzlich entfernen.

Die Beobachtungen, die man an frisch getödteten Geschöpfen anstellt, gelingen nicht bloß an Knorpelfischen, an enthaupteten Fröschen und an anderen niederen Wirbelthieren, sondern auch an Vögeln und an Säugethieren. Da die Reizbarkeit in erwachsenen höheren Geschöpfen rasch verloren geht, so wählt man am zweckmäßigsten junge Thiere, deren Wirbelbogen überdieß schnell entfernt werden können.

Wiederholt man die Versuche an lebenden Säugethieren, so stört die starke Blutung in hohem Grade; das gequälte Geschöpf verliert an Empfindlichkeit. Die geronnenen Blutmassen hindern leicht die Uebersicht. Das unwillkührliche Zittern, das nicht selten die Bloßlegung des Rückenmarkes begleitet, läßt sich hier wie in niederen Thieren von den stärkeren und berechneteren Zuckungen, die der Anspruch der bewegenden Nervenstämme veranlaßt, leicht unterscheiden.

Obgleich sich der Bell'sche Lehrsatz in den Versuchen, die einzelne Forscher an lebenden Säugethieren anstellten, vollkommen bestätigte, so haben doch Andere eigenthümliche Abweichungen in dieser Beziehung angegeben. Longet glaubte zuerst gefunden zu haben, daß die vorderen Wurzeln der Nerven der Hinterbeine des Hundes nicht voll-

kommen unempfindlich sind. Er überzeugte sich aber später, daß hier eine Täuschung zum Grunde gelegen hatte. Magendie hielt die Thatsache für richtig und beschrieb noch in neuester Zeit ein eigenthümliches Verhältniß, das er mit dem Namen der rücklaufenden Empfindlichkeit bezeichnet. Legt man nämlich die beiden Wurzeln an dem Rücken- bis Lendentheile eines Hundes bloß, so erregt bisweilen die Reizung einer vorderen Schmerzen, so lange auch die hintere unverletzt ist. Schneidet man diese durch, so scheint nur das peripherische, nicht aber das centrale Stück Empfindungen anzuregen. Die Trennung der entsprechenden hinteren Wurzel hebt die Schmerzhaftigkeit der vorderen auf. Bernard [1]) giebt an, daß eine gute Nahrung und vorzüglich die Zeit der Verdauung, sowie die Ruhe, die man dem Thiere gönnt, das Auftreten jener rücklaufenden Empfindlichkeit begünstigen, daß sie dagegen durch den Mangel von Speisen und durch einen großen Blutverlust zurückgedrängt wird. Hat man das Thier durch Aethereinathmungen betäubt, so schwindet sie erst dann, wenn die hinteren Wurzeln keinen Schmerz mehr veranlassen. Kehrt in der Folge die Empfindlichkeit von Neuem zurück, so zeigt sie sich in den vordern Wurzeln nie früher, als in den hinteren.

Man sieht leicht, daß diese Thatsachen, wenn sie auch vollkommen sicher wären, den Bell'schen Lehrsatz nicht umstoßen, weil die Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln nur von der der hinteren abhängt. Es liegt daher unter diesen Verhältnissen die schon von Pappenheim unterstützte Vermuthung nahe, daß die ganze Erscheinung von sensiblen Fasern abhängt, die von der hintern Wurzel zur vordern sich begeben und sich vermuthlich in den Zwischengeweben der Bündel verbreiten. Longet [2]) stellt jedoch abermals entschieden in Abrede, daß sich die vorderen Wurzelstränge überhaupt empfindlich zeigen. Es fragt sich auch, ob nicht jede zu starke mechanische Zerrung auf die hinteren Wurzeln, die sich mit den vordern bald vermischen, zurückwirkt.

So sehr die physiologischen Versuche die Richtigkeit des Bell'schen Lehrsatzes für alle vier Wirbelthierklassen und selbst für einzelne wirbellose Geschöpfe [3]), wie z. B. die Krebse, nachgewiesen haben, so wenig vermochten die bis jetzt veröffentlichten Krankheitsbeobachtungen, die an dem Menschen angestellt worden, das Gleiche zu leisten. Es kommt vor, daß nur die Empfindung oder nur die Bewegung eines Gliedes gelähmt ist. Allein die Ergebnisse der Leichenöffnung [4]) liefern dann in der Regel keine Erscheinungen, die zu Gunsten des Bell'schen Lehrsatzes gedeutet werden könnten. Zweierlei Gründe erklären diesen Uebelstand. War auch die Entartung im Anfange auf eine Reihe von Wurzelgebilden beschränkt, so verbreitet sie sich doch häufig allgemeiner, ehe der Mensch dem Tode unterliegt. Die Merkmale, welche man bei den gewöhnlichen Leichenöffnungen aufzusuchen pflegt, eignen sich auch in vielen Fällen nicht, um sichere Aufschlüsse über die Thätigkeitsstörungen einzelner Nervenbündel zu liefern. Die Angabe, daß eine Nervenmasse zu weich oder zu hart war, läßt noch manche Zweifel offen. Die Ablagerung von Kalkplättchen oder von andern fremdartigen Körpern kann nach Verschiedenheit der Verhältnisse lähmen oder nicht. Fernere Mittel, um die Unfähigkeit einzelner Bündelgruppen zu ermitteln, sind meistentheils nicht angewandt worden. Die hierzu nöthigen Vorschriften fehlen sogar noch größtentheils. Man kann daher nicht einen Satz, der in allen vier Wirbelthierklassen wiederkehrt, für den Menschen nur deshalb bestreiten, weil ihn hier die in jeder Hinsicht unvollständigen Ergebnisse der Leichenöffnungen noch nicht bewiesen haben.

4247 Da die Empfindlichkeit und die willkührliche Anregung der Verkürzung nicht in den Nervenwurzeln, sondern in anderen Bestandtheilen des Nervensystem liegen, so kann man die verschiedenen Thätigkeiten der vorderen und der hinteren Wurzelbündel der Rückenmarksnerven als die Folge einer symmetrischen Vertheilung der das Rückenmark verlassenden Nervenfasern

---

[1]) Bernard, in den Comptes rendus de l'académie des Sciences. Tome XXV. Paris, 1847. 4. p. 104.

[2]) Longet, Ebendaselbst. p. 25.

[3]) F. A. Longet, Recherches sur les fonctions de la moelle épinière. Paris, 1841. 8. pag. 127.

[4]) Longet, Ebendaselbst. p. 94—120.

ansehen. Die Natur führt jede der beiden Arten von Vermittlungswerkzeugen an verschiedenen Stellen aus. Diese Sonderung erhält sich aber nur in dem kurzen Zwischenraume, der sich zwischen dem Rückenmarke und dem Hauptstamme eines jeden Rückenmarksnerven hinzieht.

Stämme und Aeste der Rückenmarksnerven. — Es versteht 4248
sich von selbst, daß der Hauptstamm, der aus der Vereinignng der beiden Rückenmarkswurzeln hervorgeht, zu den gemischten Nerven gehören muß. Die Verbindung verschiedenartiger Fasern erhält sich auch in dem vorderen und dem hinteren Aste, in dem sich der Hauptstamm binnen Kurzem spaltet. Sie kehrt in den meisten untergeordneten Zweigen, die noch später zum Vorschein kommen, wieder. Es ereignet sich daher sehr häufig, daß jene gemischte Natur noch in den feineren Nervenbündeln vorhanden ist. Obgleich die Muskelmassen selbst keine Empfindungsfasern nothwendigerweise aufzunehmen brauchen, so lassen sie sie doch nicht selten durch ihre Masse durchtreten, damit sie zu benachbarten Gebilden gelangen können. Man hat häufig angenommen, daß die tastenden Häute keine bewegenden Nerven einschließen. Bedenken wir aber, daß sie auch Verkürzungsgewebe, auf die das Nervensystem einzuwirken vermag, zu enthalten pflegen, so dürfen wir eher vermuthen, daß sich auch hier bewegende Fasern zu den empfindenden hinzugesellen.

Wir haben §. 4236 gesehen, daß nur die Untersuchung der Lebenserschei- 4249
nungen über die Endverbreitung eines Nerven zu entscheiden im Stande ist. Es war bis jetzt nicht möglich, die Rückenmarksnerven des menschlichen Körpers auf diesem Wege zu verfolgen. Die einzelnen Lähmungen die sich in Kranken vorfanden, lieferten meistentheils unbestimmtere Ergebnisse. Nur größere Verbreitungsbezirke wurden auf diese Weise im günstigsten Falle erkannt. Die Eingriffe der Wundärzte haben ebenfalls nicht weiter geführt. Beobachtungen an eben gestorbenen Menschen mangeln noch gänzlich. Will man daher nicht auf jede Erkenntniß verzichten, so kann man nur an der Hand des Anatomen fortschreiten. Man darf mit Recht annehmen, daß ein Nervenstamm, dessen Zweige in eine Hautstelle oder eine Muskelmasse eindringen, die Empfindung oder die Bewegung jener Gebilde wenigstens theilweise beherrscht. Die folgende Uebersichtstabelle ist unter dieser Voraussetzung entworfen worden. Sie kann einen ungefähren Majoritätsmaaßstab für die Beurtheilung der einzelnen Lähmungserscheinungen liefern.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindende Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Körpertheile.	Vorzüglichste Anastomosen.
I.	Erster Halsnerv.				Wirbelschlagader.	(Beinerv.)
		Vorderer Ast.	Oberster Theil des Halses.	Rectus capitis lateralis. Recti capitis antici major und minor.	(Wirbelschlagader u.) Hinterhauptsgelenk.	Zungenfleischnerv. Oberster Halsknoten des sympathisch. Nerven. Herumschweifender Nerv. Zweiter Halsnerv.
		Hinterer Ast.	desgl.	Recti capitis postici major u. minor. Obliqui capitis superior u. inferior. Rectus capitis lateralis. Complexus.		Zweiter Halsnerv.
II.	Zweiter Halsnerv.	Vorderer Ast.	desgl.	Rectus capitis anticus major. Intertransversarius. Oberster Theil des Levator scapulae. Sternocleidomastoideus.	(Wirbelschlagader.)	(Dritter Halsnerv.) Erster und dritter Halsnerv. Sympathischer Nerv. Herumschweifender Nerv. Zungenfleischnerv. Beinerv.
		Hinterer Ast.	desgl.	Obliquus capitis inferior. Trachelo mastoideus. Complexus. Semispinalis cervicis. (Multifidus spinae.) Splenius capitis.)		Erster und dritter Halsnerv.
		Großer Hinterhauptsnerv. (Occipitalis magnus.)	desgl. Haut des Hinterhauptes.	Biventer cervicis. Cucullaris. Occipitalis	(Hinterhauptschlagader.)	Dritter (und erster) Halsnerv. (Hintere Ohr- u. Schläfennerven.)
		Kleiner Hinterhauptsnerv. (Occipitalis minor.)	Grenze v. Nacken u. Hinterhaupt. Haut hinter, über und an dem Ohre.	Sternocleidomastoideus. Adtollens auris.		(Dritter und erster Halsnerv.) Antlitznerv. (Großer Hinterhauptsnerv.) Hintere Ohr u. Schläfennerven.
III.	Dritter Halsnerv.					(Zweit. u. vierter Halsnerv.)

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindende Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Körpertheile.	Vorzüglichste Anastomosen.
		Vorderer Ast.	Haut an und unter d. Ohre, an dem Unterkiefer (dem Kinn), dem obersten, mittleren und untersten Theile des Halses.	(Diaphragma). Intertransversarii supremi. Scalenus medius. Rectus capitis anticus major. Longus colli. Levator scapulae. Splenius capitis. Sternocleidomastoideus. Platysmamyoideus. (Musculatur der Zunge in Verbindung mit den oberen Halsnerven.) (Untere und hintere Antlitzmuskeln?)	Gehörgang und Ohr überhaupt. Ohrspeicheldrüse. Lymphdrüsen des Halses. Schilddrüse. Jugularvene. (Wirbelschlagader.)	(Zwerchfellnerv.) Sympathisch. Nerv. Zweiter und vierter Halsnerv. Zungenfleischnerv. Beinerv. (Kleiner Hinterhauptsnerv.) (Großer Ohrnerv.) Dreigetheilter und Antlitznerv. Herz- und Brustgeflechte. Herumschweifender Nerv.
		Großer oder hinterer Ohrnerv. (Auricularis magnus.)	Haut an und hinter dem Ohre, zwischen der Hinterhaupt- und der Schläfengegend und selbst vor dem Ohre.	Sternocleidomastoideus. Retrahens auris Occipitalis (Temporalis?)		Dreigetheilter u. Antlitznerv. (Herumschweifender Nerv?)
		Hinterer Ast.	Haut des Nackens und vorzüglich der Mitte desselb.	Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Complexus. Splenius capitis. (Obliquus capitis inferior. Multifidus spinae.) Biventer cervicis. Semispinalis cervicis. (Interspinales) Cucullaris.		Zweiter und vierter Halsnerv.
IV.	Vierter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Haut am Halse, an der Brust, der Gegend des Schultergelenkes und des unteren Theiles des Nackens.	Intertransversarii. Rectus capitis anticus major. Longus colli. Scalenus medius. Levator scapulae.	Wirbelschlagader.	(Zweiter), dritter und fünfter Halsnerv. Sympathischer Nerv.
		Vordere und hintere Oberschlüsselbeinnerven. (N. N. supra claviculares anterio-	Haut über und an dem Schlüsselbein, über dem Handgriffe des Brustbeines,	Sternohyoideus. (Pectoralis major? Sternocleidomastoideus? Cucullaris?	Blutgefäße und andere Gebilde in der Nähe des Schlüsselbeines.	Unteres Halshautgeflecht. Nerven, welche durch die großen Brustmuskel, den Delta-

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindende Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Körpertheile.	Vorzüglichste Anastomosen.
		res et posteriores.	der Brustdrüse, an dem obersten Theile des Oberarmes, dem Schultergelenke, dem Schulterblatte und dem unteren Theile des Nackens.			muskel u. dgl. durchtreten. Beinerv.
		Hinterer Ast.	Haut an der untern Gegend des Nackens.	Intertransversarius. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Biventer cervicis. Complexus. Splenius capitis. Cucullaris.		
	Zwerchfellnerv. (N. phrenicus)	Aus dem vierten u. fünften, sowie dem dritten und selbst dem zweiten und sechsten Halsnerven. Bisweilen Nebenfäden aus dem Armgeflecht.	Unbekannt.	Diaphragma (Scalenus anticus?).	Schlüsselbeinvene, (Schlüsselbeinschlagader. Innere Brustbeingefäße, Thymus, Lymphdrüsen des vorderen Mittelfellraumes. Herzbeutel.)	Herumschweifender u. sympathisch. Nerv. Unterste Halsnerven (u. erster Brustnerv). Absteigender Ast des Zungenfleischnerven. Herz-, Sonnen- und Lebergeflecht.
V.	Fünfter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht. (Haut an dem untern Theile des Halses?).	Longus colli. Rectus anticus major. Intertransversarius Scalenus medius. Subclavius. Antheil am Armgeflecht. (Diaphragma.)	Wirbelschlagader. Innere Brustbeinschlagader.	Vierter und sechster Halsnerv. Sympathischer Nerv. Zwerchfellnerv. Armgeflecht. Oberschulterblattnerv.
		Rückenschulterblattnerv. (Dorsalis scapulae.)		Serratus anticus major. Levator scapulae. Rhomboidei major und minor. (Scalenus medius.)	(Rückenschulterblattschlagader.)	Hinterer Brustkastennerv.
		Hinterer Ast.	(Haut an dem unteren Theile des Nackens.)	Cervicalis descendens. Transversalis cervicis. Tra-		Verbindung mit den vorhergehenden und dem folgenden Halsnerven.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
				chelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Splenius capitis. Biventer cervicis.		
VI.	Sechster Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht.	Longus colli. Rectus anticus major. Intertransversarius. Scaleni anticus et medius. (Diaphragma) Antheil am Achselgeflecht.	Wirbelschlagader.	Fünfter und siebenter Halsnerv. Sympathischer Nerv. Zwerchfellnerv. Achselgeflecht.
		Hinterer Brustkastennerv (N. thoracicus posterior s. respiratorius externus.) Aus den Vorderästen des fünften bis siebenten Halsnerven.	Unbekannt.	Serratus anticus major. (Subscapularis.) (Scalenus medius?).	(Hintere Brustkastengefäße.)	
		Hinterer Ast.	(Oberster Theil der Rückenhaut.)	Cervicalis descendens. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Biventer cervicis. Splenius capitis. (Cucullaris.)		Die benachbarten Halsnerven.
VII.	Siebenter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht.	Intertransversarius. Scaleni anticus u. posticus. Serratus anticus major. (Diaphragma.) Antheil am Achselgeflecht.	Wirbelschlagader.	Sympathischer Nerv. (Zwerchfellnerv.) Hintere und vordere Brustnerven. Achselgeflecht.
		Hinterer Ast.	Haut in der Gegend des Schulterblattes.	Transversalis cervicis. Cervicalis descendens. Complexus. Multifidus spinae. Semispi-		Die benachbarten Halsnerven.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
				nalis. Interspinales (Splenius capitis. Serratus posticus superior. Rhomboidei. (Cucullaris.)		
VIII.	Achter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht.	Scaleni anticus, medius u posticus. Antheil am Achselgeflecht.	Schlüsselbeingefäße.	Sympathischer Nerv. Achselgeflecht.
		Hinterer Ast.	(Haut in der Mitte des obersten Theiles des Rückens.)	Multifidus spinae. Semispinalis.		(Vorhergehender Halsnerv und erster Brustnerv.)
	Achselgeflecht (Plexus axillaris.) Aus den vier letzten Hals- und dem ersten Brustnerven.	Vordere Brustkastennerven. (N. N. thoracici anteriores) Aus dem fünften, diesem und dem sechsten bis sieben en Halsnerven (unterstem Hals- bis erstem Brustnerven).	Haut der Gegend des Schultergelenkes, der Brustdrüse und der Nachbarschaft derselben.	Subclavius. Deltoideus. Pectorales major u. minor.	Schultergelenk (Brustdrüse).	Oberschlüsselbeinnerven.
		Oberschulterblattnerv. (N. suprascapularis.) Aus dem fünften bis siebenten od. achten Halsnerv.	Unbekannt.	Supraspinatus (Infraspinatus.) (Teres minor?)	Schultergelenk (Quere Schulterblattgefäße?)	
		Unterschulterblattnerven. (N. N. subscapulares). Aus den drei bis vier letzten Halsnerven.	Unbekannt.	Teres major. Subscapularis.		
		Randschulterblattnerv. (N. marginalis scapulae). Aus den drei untersten Halsnerv.	Unbekannt.	Serratus anticus major. Latissimus dorsi.	(Unterschulterblattgefäße.)	
		Innerer Armhautnerv. (N. cutaneus brachii internus) Aus dem ersten	Haut der Achselhöhle und des Oberarmes bis zum Ellenbogen, vorzüg-		(Achselgefäße?)	Mittlerer Hautnerv und andere kleinere Hautnerven des Armes.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		Brustnerven, diesem und dem letzten oder den beiden letzten Halsnerven.	lich an der inneren (u. vorderen) Seite. (Haut des Vorderarmes.)			
		Mittlerer Armhautnerv. (N. cutaneus brachii medius.) Aus dem Achselgeflecht oder dem Ellenbogennerven.	Haut des Oberarmes, vorzüglich der vordern und innern Seite, des Ellenbogens, des Vorderarmes und der Hohlhand.	Coracobrachialis. Biceps brachii (Pectoralis minor u. z. Thl. major).	(Achselgefäße?) (Hautvenen des Armes, besonders V. basilica?)	Brustmuskelnerven. Andere Hautnerven des Oberarmes.
		Aeußerer Armhautnerv. (N. cutaneus externus s. musculocutaneus s. perforans Casserii.) Aus dem fünften bis siebenten, dem fünften u. sechsten od. dem fünften und siebenten Halsnerven.	Haut der Ellenbogengegend, des Vorderarmes, des Handrückens, zum Thl. der Handfläche u. des Daumens.	Biceps brachii. Brachialis internus. Coracobrachialis.	(Hautvene des Armes, besond. V. cephalica?) Oberarmknochen.	Hautnerven des Armes. Speichennerv.
		Achselnerv. (N. axillaris.) Aus dem fünften u. sechsten, diesem und dem siebenten oder den vier untersten Hals- und dem ersten Brustnerven.	Vorzüglich hinterer, äußerer u. oberer Theil der Haut des Oberarmes. (Mittlere und untere Gegend derselben.) (Achselhöhle.)	(Subscapularis.) Teres major (u. minor). Deltoideus. Triceps brachii.	Schultergelenk Achselgefäße. Oberarmknochen.	Hautnerven des Armes.
		Ellenbogennerv. (N. ulnaris.) Aus dem letzten Hals- und dem ersten Brustnerven, diesem und den beiden, den drei oder den vier letzten Halsnerven, den drei oder vier letzten Halsnerven allein.	Haut der Ulnarkante des Vorderarmes, der Handwurzel, der Rücken- und z. Thl. der Volarfläche der Hand, der beiden Seiten des kleinen Fingers und des Ringfingers u. der Ulnarseite des Mittelfingers.	Flexor carpi ulnaris. Flexores quatuor digitorum sublimis und profundus. Flexor brevis digiti minimi. Opponens digiti minimi. Interossei (interni und) externi. Adductor pollicis. Abd. indicis. (Palmaris brevis) (Lumbricalis IV.)	Weichgebilde in der Umgebung d. Ellenbogen- u. des Handgelenkes und der bei den empfindenden Gebilden genannten Finger. Achselgefäße. Ellenbogenschlagader.	(Innerer oder mittler. Hautnervenstamm des Armes.) Speichennerv. Mittelnerv.

Nro.	Nerv		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		Mittelnerv. (N. medianus.) Aus den vier untersten Halsnerven u. dem ersten Brustnerven, jenen ersteren allein, dem ersten Brust- und den drei letzten Halsnerven, ihm und dem fünften, sechsten u. siebent., dem fünften, siebenten und achten oder diesem und dem ersten Brustnerven allein.	Haut der Hohlhand, der Volarseiten des Ringfingers, des Mittelfingers, des Zeigefingers u. des Daumens	(Biceps brachii). Palmaris longus. (Flexor carpi radialis.) Flexores quatuor digitorum sublimis und profundus Flexores pollicis longus u. brevis. Pronatores teres und quadratus. Abductor und opponens pollicis. Lumbricales I. II. und III. (Flexor carpi ulnaris?) (Interossei interni.) (Lumbricales IV. u. V.) (Adductor pollicis.)	Armgefäße. Bänder und Gelenke der Handwurzel u. Weichgebilde der bei den empfindenden Theilen angeführten Finger.	(Aeußerer Armhautnerv) Ellenbogennerv. Speichennerv.
		Speichennerv (N. radialis). Aus dem ersten Brustnerven und den vier untersten Halsnerven, diesen oder den drei letzten Halsnerven allein oder in Verbindung mit dem ersten Brustnerven, den beiden letzten Hals- oder dem fünften, sechsten u. siebenten Halsnerven allein.	Haut (am Oberarme), am Ellenbogen, der Radialseite der Rückenfläche u. der Volarfläche d. Vorderarmes, des Handrückens, der Rückenfläche des Daumens, des Zeigefingers u. zum Thl. des Mittelfingers.	(Latissimus dorsi.) Triceps brachii. Anconaeus quartus. Brachialis internus. Supinatores longus u. brevis Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus u. brevis. Extensor digitorum communis. Extensores pollicis longus u. brevis. Extensores indicis und digiti minimi Extensor carpi ulnaris. Abductores pollicis longus und brevis. Adductor pollicis. Abductor digiti minimi.	Armgefäße. Ellenbogen- u. Handgelenk-Weichgebilde d. bei den empfindenden Theilen genannten Finger. (Oberarmknochen.)	(Hautnerven des Armes.) Ellenbogen- u. Mittelnerv. (Hintere Brustnerven.)
IX.	Erster Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht. (dem äußeren Brust-)den vor-	Antheil an dem Achselgeflecht, (dem äußeren Brust-)	(Benachbarte Gefäße.) (Brustdrüse.)	Sympathischer Nerv. Letzter Hals- u. zweiter Brustnerv.

Pro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
			deren Oberschlüsselbein-, dem mittleren Hautnerven des Oberarmes u. Erzeuger des ersten Zwischenrippennerven. Haut vor und nach außen von dem Handgriffe des Brustbeines, der Achselhöhle u. der Innenseite des Oberarmes.	und den vorderen Schlüsselbeinnerven. Intercostal. I. Pectoralis major.		Achselgeflecht. (Innere Hautnerven des Armes.)
		Hinterer Ast.	Entsprechende Rückenhaut.	Kleinere Rückenmuskeln. Rückgrathsstrecker. Intercostales I. (Cucullaris.)		Letzter Hals- und zweiter Brustwirbelnerv.
X.	Zweiter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut über der Brustdrüse, an der Achselhöhle u. dem Oberarme, vorzüglich der Hinterseite desselben.	Intercostales II. (I.) Serratus posticus superior. Triangularis sterni. (Serratus anticus major. Pectorales major u. minor?)	(Benachbarte Gefäße.) Brustdrüse.	Sympathischer Nerv. Die beiden benachbarten Brustwirbelnerven.
		Innerer, hinterer u. oberer Hautnerv des Armes. (N. cutaneus brachii posterior superior.)	Haut der inneren u. hinteren Abtheilung der oberen Gegend des Oberarmes u. der Nähe der Achselhöhle.			Achselgeflecht.
		Hinterer Ast.	Entsprechende Rückenhaut.	Kleine Rückenmuskeln. Rückgrathsstrecker. Cucullaris.		Die beiden benachbarten Rückenäste.
XI.	Dritter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut vor dem großen Brustmuskel und der Achselhöhle, der Hinterseite des Schulterblattes, des Oberarmes, der Brustdrüse und der Umgebung derselben.	Intercostales III. Triangularis sterni.	Wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige. Hinterer Hautnerv des Oberarmes.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		Aehnlich wie der vorige.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe	Vorzüglichste Anastomosen.
XII.	Vierter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut d. Brustdrüse und des Brustkorbes u. seitlich bis zur Gegend des Schulterblattes.	Intercostales IV. Triangularis sterni.	Wie der vorige.	desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XIII.	Fünfter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an dem vorderen und seitlichen Theile der Brust.	Intercostales V. Serratus anticus major. Triangularis sterni.	desgl.	desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Wie der vorige.		desgl.
XIV.	Sechster Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an dem vorderen und seitlichen Theile der Brust.	Intercostales VI. (Serratus anticus major.) Triangularis sterni. Obliquus abdominis externus. Diaphragma.		desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XV.	Siebenter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an der vorderen und seitlichen und zum Theil der hinteren Gegend der Brust.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	desgl.		desgl.
XVI.	Achter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Entsprechende Haut des Bauches und der Seitentheile.	Intercostales VIII. Diaphragma. Obliquus externus. Transversus u. Rectus abdominis.		desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XVII.	Neunter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Entsprechende Haut des Bauches und der Seitentheile.	Intercostales X. Diaghragma. Obliqui abdominis externus u. internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.		desgl.
		Hinterer Ast.	desgl.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
XVIII.	Zehnter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Entsprechende Haut des Bauches und der Seitentheile bis zu dem Kamme des Hüftbeines	Intercostales X. Diaphragma. Obliqui externus und internus, Transversus u. Rectus abdominis.		desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XIX.	Eilfter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	desgl.	Aehnlich wie der vorige, nur Intercostales XI.		desgl.
		Hinterer Ast.	desgl.	desgl.		desgl.
XX.	Zwölfter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an dem Vordertheile des Darmbeines bis zum großen Rollhügel hinab. Bauchhaut über dem Schaambogen.	(Diaphragma. Quadratus lumborum.) Obliqui externus u. internus, Transversus. Rectus u. Pyramidalis abdominis.		desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XXI.	Erster Lendennerv.	Vorderer Ast.	Siehe die folgenden untergeordneten Verzweigungen.	Psoas major. Quadratus lumborum.		desgl.
		Hüftbeckennerv (N. ileohypogastricus).	Haut über dem Spanner der Schenkelbinde, an dem Bauchringe und dem Schaamberge oder wie der folgende Nerv endigend.	(Psoas major.) Quadratus lumborum. Obliqui abdominis externus u. internus. Transversus abdominis.	(Samenstrang und rundes Mutterband?)	Letzter Brustwirbelnerv. Hüft-Leistennerv.
		Hüftleistennerv (N. ileoinguinalis).	Haut des Schaamberges, des vorderen u äußeren Theiles des Hodensackes, der äußeren Schaamlefzen und bisweilen des vorderen, oberen und inneren Theiles des Oberschenkels.		(desgl?)	Zweiter Lendennerv. Hüft-Beckennerv.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		Hinterer Ast.	Haut an dem hinteren und oberen Theile des Darmbeines.	Aehnlich wie der vorige.		Aehnlich wie der vorige.
XXII.	Zweiter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem folgenden Nerven.	Psoas major u. Quadratus lumborum. Antheil an dem folgenden Nerven.		Aehnlich wie der vorige. (Vierter und selbst fünfter Lendennerv.)
		Aeußerer Schaamnerv (N. spermaticus s. inguinalis s. pudendus externus s. genito-cruralis.)	Haut an dem äußeren u. dem oberen Theile des Oberschenkels oder der unteren u. vorderen Gegend der Hüfte nebst den Bedeckungen des vorderen u. äußeren Theiles des Oberschenkels oder der Haut der Vorderfläche desselben überhaupt. Haut des Hodensackes, der äußeren Schaamlefzen und des Schaamberges	(Psoas major. Iliacus internus.) Obliqui externus und internus. Transversus abdominis. Cremaster.	Bauchdecken-, Schenkel u. äußere Schaamgefäße. Samenstrang. Scheidenhaut des Hodens. Hode u. Nebenhode. Dartos. (Rundes Mutterband.)	Die beiden ersten Lendennerven. Vorderer äußerer Hautnerv des Schenkels. (Hüftleistennerv.) (Schenkelnerv.)
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		Aehnlich wie der vorige.
XXIII	Dritter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Lendengeflecht.	Psoas major (und minor.) Quadratus lumborum. Antheil am Lendengeflecht.		desgl.
		Hinterer Ast.	Haut der Hinterfläche des oberen Theiles des Beckens.	Kleine Rückenmuskeln. Rückgrathsstrecker.		desgl.
XXIV	Vierter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Lendengeflecht.	Psoas major (u. minor.) Antheil am Lendengeflecht.		desgl.
		Hinterer Ast.	Wie der vorige. Nur oft bloßer Muskelnerv.	Wie der vorige.		desgl.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
XXV.	Fünfter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem oberen Gefäßnerven u. dem Lendengeflecht.	Antheil an dem oberen Gefäßnerven u. dem Lendengeflecht.		desgl.
		Hinterer Ast.	Wie der vorige.	Wie der vorige.		desgl.
XXVI.	Erster Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem oberen (u. dem unteren) Gefäßnerven und dem Hüftgeflecht.	Piriformis (Glutaeus maximus.) Antheil an den Gefäßnerven u. dem Hüftgeflecht.		Sympathischer Nerv. Die beiden letzten Lendennerven und der zweite Kreuzbeinnerv.
		Hinterer Ast.	Haut an dem Gefäße u. dem Kreuzbeine.	(Glutaeus maximus.)		Benachbarte Lenden- und Kreuzbeinnerven. Hintere Gefäßnerven.
XXVII.	Zweiter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Hüftgeflecht.	Piriformis. Antheil an dem Hüftgeflecht.		Aehnlich wie der vorige.
		Hinterer Ast.	Wie der vorige (Antheil am Hüftgeflecht).	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XXVIII.	Dritter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem Schaam- und dem Hüftgeflecht.	Antheil an dem Schaam- und dem Hüftgeflecht.	Mastdarm. Harnblase. Scheide.	desgl. Mittlere Mastdarm- u. untere Blasennerven.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.
XXIX.	Vierter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Haut zwischen dem Steißbein- und dem Afterantheil an dem Schaam- und dem Hämorrhoidalgeflecht.	Levator ani. Coccygeus. Harnblase. Mastdarm. (Samenblasen.) Vorsteherdrüse. Gebärmutter. Scheide. Anth. an d. Schaam- und dem Hämorrhoidalgeflecht.		desgl. Untere Mastdarmnerven.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		Aehnlich wie der vorige.
XXX.	Fünfter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Haut an und neben dem unteren Theile des Steißbeines.	(Coccygeus) (Glutaeus maximus?).		desgl.
		Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige.	Aehnlich wie der vorige.		desgl.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
XXXI. und XXXII.	Die beiden Schwanzwirbelnerven.		Verbinden sich mit den benachbarten Kreuzbeinnerven.	Verbinden sich mit den benachbarten Kreuzbeinnerven.		
	Lendengeflecht (Plexus lumbalis). Aus den Lendenwirbelnerven, vorzüglich dem zweiten bis vierten.	Vorderer äußerer Hautnerv des Oberschenkels (N. cutaneus femoris anterior externus). Aus den ersten vier und zunächst aus dem zweiten Lendennerven.	Haut an dem großen Rollhügel und der äußeren und vorderen Seite des Oberschenkels bis zum Knie antheil an d. Schaamnerven.	(Psoas major). (Iliacus internus.) (Sartorius) (Tensor fasciae latae). Antheil an den Schaamnerv.	Leistendrüsen u. Nachbargebilde.	Lenden-Leistennerv oder äußerer Schaamnerv. Schenkelnerv.
		Schenkelnerv. (N. cruralis.) Aus den vier ersten Lendennerven, vorzüglich dem zweiten, dritten und vierten.	Haut des Oberschenkels, vorzüglich äußerer, hinterer u. vorderer Theil desselben. Kniehaut. Unterschenkel bis zur Gegend des inneren Knöchels. Fußrücken.	Psoas major (u. minor.) Iliacus internus. Sartorius. Pectineus. Tensor fasciae latae. (Piriformis.) Vasti externus u. internus. Cruralis. Rectus femoris. Gracilis (Flexor hallucis brevis).	Weichgebilde des Hüftgelenkes (Leistendrüse u. benachbarte Weichgebilde.) (Tiefere u. oberflächliche Gefäße u. Knochen der unteren Extremität?). Kniegelenk.	Vorderer äußerer u. andere Hautnerven des Oberschenkels. Hüftlochnerv. Hüftnerv.
		Hüftlochnerv. (N. obturatorius.) Aus dem dritten u. zum Thl. dem vierten u. dem zweiten u. bisweilen dem ersten Lendennerven.	Haut, vorzüglich der inneren und vorderen Gegend des Oberschenkels. Kniegelenk. Vorzugsweise innere u. vordere Seite des Unterschenkels.	(Psoas major u. minor.) Obturator (internus u.) externus. Gracilis. Adductores longus, brevis und magnus (Pectineus.)	(Hüftgefäße u. benachbarte Weichgebilde.) Hüftgelenk.	Benachbarte Beckennerven. Schenkelnerv. Hautnerven des Oberschenkels. (Hüftnerv.)
	Hüft- oder Kreuzbeingeflecht (Plexus ischiadicus s. sacralis). Aus den beiden letzten Lenden- u. den drei ersten Kreuzbeinnerven.	Oberer Gesäßnerv. (N. glutaeus superior) Aus den beiden letzten Lenden- und dem ersten Kreuzbeinnerven.	Antheil an dem Hüftnerven. Haut am Gesäß.	Glutaei maximus, medius u. minimus. Tensor fasciae latae. (Piriformis.) Antheil am Hüftnerven.		Hüftnerv. Hautnerven des Oberschenkels.
		Unterer Gesäßnerv. (N. glutaeus inferior.) Aus den beiden letzten Lenden- u. dem ersten Kreuz-	Haut am Gesäß.	Glutaeus maximus.		Hüftnerv. Hautnerven des Oberschenkels.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichne Anastomosen.
		beinnerven, mit oder ohne Betheiligung der beiden folgenden Kreuzbeinnerven.				
		Gemeinschaftlicher hinterer Hautnerv des Oberschenkels. (N. cutaneus femoris posterior communis.) Aus dem ersten u. zweiten, dem zweiten u. dritten oder überdieß dem vierten Kreuzbeinnerven oder dem Schaamgeflecht.	Haut an dem großen Rollhügel, der äußeren und vorderen Seite des Oberschenkels, dem Hodensack oder äußeren Schaamlefzen bis zum Schaamberge. (Haut des Dammes.) Haut der Hinter- u. Innenseite der Obergegend des Oberschenkels. Mitte des Oberschenkels bis zur Kniekehle u. selbst bis zur Wade.	(Glutaei?)		Dammnerven. Hautnerven des Schenkels.
		Gemeinschaftlicher Schaamnerv. (N. pudendus communis.) Aus dem Schaamgeflecht, dem Hüftgeflecht, beiden od. dem dritten u. vierten Kreuzbeinnerven.	Haut der nächsten Umgebung des Afters und des Dammes überhaupt, des Hodensackes. Aeußere u. innere Schaamlefze. Schaamberg. Männliches Glied und Vorhaut. Kitzler (oberster Theil des Oberschenkels).	Bulbo- und Ischiocavernosus. Sphincter ani externus. Transversi perinaei. Constrictor cunni.	(Mastdarm.) Männliches Glied u. Kitzler. Scheide u. Gebärmutter. Männliche u. weibliche Harnröhre.	Mastdarmgeflechte. Hautnerven des Oberschenkels. Aeußerer Schaamnerv. (Hüftlochnerv)
		Unterster Mastdarmnerv. (N. haemorrhoidalis imus.) Aus den Schaamnerven oder dem Schaamgeflecht.	Haut am After.	Sphincter ani externus.		Hautnerven des Dammes.
		Hüftnerv (N. ischiadicus). Aus den beiden letzten Lenden-	Haut an dem Gesäß und dem oberen Theile des Oberschen-	(Glutaei) Gemelli. (Piriformis) Obturator internus.		Untere Gesäßnerven. Hautnerven des Oberschenkels.

Nro.	Nerv.		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	Hauptstamm.	Untergeordnete Verzweigung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmasse.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		und den oberen Kreuzbeinnerven.	kels. Antheil an dem Wadenbein- und dem Schienbeinnerven.	Quadratus femoris. Semitendinosus. Semimembranosus. Biceps femoris. Adductor magnus. Antheil an dem Wadenbein- und dem Schienbeinnerven.		
		Wadenbeinnerv. (N. peroneus). Ast des Hüftnerven.	Haut der Wade u. eines großen Theiles des übrigen Unterschenkels, der Gegend der Knöchel, des Fußrückens u. der Rückenflächen aller Zehen.	Biceps femoris (Popliteus). Gastrocnemius (Soleus). Plantaris. Peronei longus, brevis u. tertius. Extensores digitorum longus u. brevis. Extensores hallucis longus u. brevis. Tibialis anticus. (Plantaris.) Interosseus dorsalis I.	Hüftgelenk. Kniegelenk u. umgebende Weichgebilde.	Hautnerven des Schenkels. Zweige des Schienbeinnerven (des Schenkel- oder des Hüftlochnerven).
		Schienbeinnerv. (N. tibialis.) Ast des Hüftnerven.	Haut an der Kniekehle, der Wade bis zu dem äußeren Knöchel, dem Fußrücken und der Rückenfläche der kleinen Zehe. Haut der Innenfläche des Unterschenkels, des inneren Knöchels, der Ferse, der Sohle und der Plantarflächen aller Zehen.	(Popliteus). Gastrocnemius Soleus. Plantaris. Tibialis posticus. Flexores digitor. longus u. brevis. Flexores hallucis longus u. brevis. Abductor u. Adductor hallucis. Flexor brevis digiti minimi. Quadratus Sylvii. Transversus pedis. Lumbricalis. Interossei plantares u. dorsales. (Von diesen letzteren II. — IV. oder I — IV.)	Kniegelenk u. benachbarte Weichgebilde. Unterschenkelknochen. Fußgelenk. (Gleichläufige Gefäße.)	Hautnerven des Schenkels. Zweige des Schienbeinnerven (des Schenkel- oder Hüftlochnerven).

Hätten sich die Rückenmarksnerven in möglichst einfacher Weise ver- 4250
breitet, so würde jeder von ihnen diejenigen Körpergebilde, die seinem Wirbelbezirke unmittelbar entsprechen und mit ihm in ungefähr gleicher Höhe liegen, aufgesucht haben. Wir sehen aber, das dieses häufig nicht der Fall ist. Viele Nervenstämme begeben sich zu entfernter liegenden Theilen. Die Lagenbeziehungen der unteren Hälfte des Rückenmarkes, der Beckenorgane und der Beine forderten dieses ohne Weiteres. Da aber das Gleiche an vielen anderen Theilen wiederkehrt, so muß jenes Fortschrittsgesetz von allgemeineren Bedingungen abhängen. Manche dieser Eigenthümlichkeiten können aus den Entwicklungsverhältnissen hergeleitet werden. Ein Organ liegt ursprünglich höher und weicht in der Folge zurück, so daß sich seine Nerven gleichsam ausziehen müssen. Es frägt sich jedoch, ob nicht noch tiefere Berechnungen, die mit den Eigenschaften der einzelnen Abtheilungen des Rückenmarkes zusammenhängen, jener Anordnung zum Grunde liegen.

Die meisten Rückenmarksnerven, die sich zu entfernteren Körperge- 4251
bilden begeben, bringen nach unten vor, so daß der peripherische Anfang der Nervenquelle höher zu liegen kommt. Die beiden Hinterhauptsnerven oder der größere Ohrnerv lehren aber, daß auch der umgekehrte Fall vorzukommen vermag. Da diese Vertheilungsweise seltener auftritt, so ergiebt sich, daß die meisten Rückenmarksnerven dem Rumpfe und den Gliedern angehören müssen.

Jede seitliche Hälfte des Körpers besitzt ihre eigenen Nervenstämme. 4252
Sie entsprechen zwar im Allgemeinen denen der anderen Seite. Man stößt aber auch häufig genug auf untergeordnete Abweichungen, die sich selbst bis auf die Wurzelursprünge ausdehnen. Die Hautnerven scheinen in dieser Hinsicht die meisten und die wesentlichsten Wechselfälle darzubieten.

Die größeren Stämme und Zweige der Rumpfnerven beschränken sich 4253
in der Regel auf die ihnen entsprechende Seitenhälfte. Man wollte hierin ein Unterscheidungsmerkmal von der Verbreitungsweise der Nerven der Brust- und der Baucheingeweide finden, weil sich die Verzweigungen der beiden herumschweifenden und der sympathischen Nerven nicht selten in der Mittellinie kreuzen und sich dann zu den entgegengesetzten Seitentheilen hinüberbegeben. Die oberflächlichen Nerven des Halses, die Zwerchfellnerven, die Nerven des männlichen Gliedes und zum Theil die des Hodensackes, die aus dem Rückenmarke unmittelbar stammenden Nerven der tieferen Beckengebilde können beweisen, daß auch Fälle der Art in dem Bereiche der freien Rückenmarksnerven vorkommen.

Wir haben schon §. 4248 gesehen, daß die meisten größeren Stämme 4254
der Rückenmarksnerven empfindende und bewegende Nervenfasern gleichzeitig einschließen. Wie hier die strenge durch die Wirkung bestimmte Sonderung für den Augenblick zurücktritt, so entläßt auch oft ein Stamm Zweige, die sich zu antagonistischen Muskeln begeben. Sehr lange oder umfangreiche Muskelmassen beziehen nicht selten ihre Fasern aus verschiedenartigen Quellen, aus bloßen Rückenmarksnerven ungleichen Ursprunges oder aus diesen und Hirnnerven zugleich.

4255 Die zahlreichen Schlingenbildungen und Anastomosen, welche die Halsnerven darbieten, hindern die anatomische Verfolgung der einzelnen Nervenbündel in hohem Grade. Man kann nur im Allgemeinen behaupten, daß sich die vier obersten Halsnerven, abgesehen von ihrem Antheile an dem Zwerchfellnerven, auf die Gebilde des Kopfes, des Halses, der oberen Brustgegend, der Schulter und der Achsel beschränken, während die vier unteren den entsprechenden Bezirken des Halses, der Brust und den Armen angehören. Das Hinterhaupt und der Scheitel, die Umgebung des Ohres und des Unterkiefers und, wie wir später sehen werden, die Muskelmasse der Zunge, und der Regenbogenhaut des Auges sind die vorzüglichsten Kopfgebilde, welche die Wurzeln der obersten Halsnerven beherrschen können. Die Beugung, die Streckung und die seitliche Drehung des Kopfes, die entsprechenden Bewegungen des Halsstückes der Wirbelsäule, die Thätigkeit der Halshaut und des Lachmuskels und zum Theil die Ortsverrückung des Schlüsselbeines, der obersten Rippen, des Schulterblattes und des Oberarmes hängen vor Allem von den Halsnerven ab.

Da sie einerseits mit den Kopf- und andererseits mit den Armnerven in innigster Beziehung stehen, so ereignet es sich häufig, daß sich eine krankhafte Reizung derselben auf diese Nachbargebilde weiter verbreitet. Neuralgieen des Nackens verknüpfen sich nicht selten mit Nervenschmerzen im Hinterhaupte oder im Kopfe überhaupt. Die Störung dehnt sich bisweilen auf den Arm und selbst den Rücken oder den Unterleib bis zur Hüfte hinab aus. Vgl. F. E. J. Valleix, Traité des Neuralgies ou affections douloureuses des nerfs. Paris 1841. 8. p. 231 u. 315, und H. Bretschneider, Versuch einer Begründung der Pathologie und Therapie der äusseren Neuralgieen. Jena 1847. 8. S. 169 u. 170.

4256 Der Zwerchfellnerv (N. phrenicus) gehört ebenfalls zu den gemischten Stämmen. Drückt man ihn in einem lebenden Hunde zusammen, so verräth oft das Thier seinen Schmerz durch Heulen. Kaninchen zucken gewöhnlich zusammen, sie schreien selbst in einzelnen Fällen laut auf. Fast jeder Leichnam eines frisch getödteten Säugethieres kann die bewegenden Kräfte der Zwerchfellnerven nachweisen, weil sich die Empfänglichkeit desselben auffallend lange zu erhalten pflegt. Es zieht sich hierbei vorzugsweise diejenige Hälfte des Zwerchfelles, welche dem gereizten Stamme entspricht, zusammen. Wechselt dann die Stellung der ganzen musculösen Scheidewand, so läßt sich oft schwer entscheiden, was von der Muskelzusammziehung und was von der mechanischen Nebenwirkung abhängt.

4257 Hat man beide Zwerchfellnerven in einem Kaninchen durchschnitten, so kann das Thier noch Monate lang in glücklichen Fällen fortleben. Es verrathen sich nur einige Athembeschwerden untergeordneter Art. Man bemerkt bisweilen, daß die Nasenflügel weiter geöffnet und die Bauchdecken lebhafter bewegt werden. Das Herz scheint manches Mal schneller, als sonst zu schlagen.

Man hat früher häufig angenommen, daß die Trennung der beiden Zwerchfellnerven die Athmung wesentlich stören und das Leben binnen Kurzem untergraben müsse. Zeugen aber schon die oben erwähnten Thatsachen gegen diese Voraussetzung, so lehren auch fernere Beobachtungen,

daß die Thätigkeit des Zwerchfelles kein unbedingt nothwendiges Glied der Athmungsmechanik darstellt. Es fehlt in den meisten Reptilien und ist in den Vögeln nur schwach angedeutet. Es kommt im Menschen vor, daß sich eine größere Lücke im Zwerchfell findet und daß die verschiedensten Baucheingeweide durch diese Oeffnung in die Brusthöhle eindringen. Personen, die an solchen Zwerchfellbrüchen leiden, sterben nicht selten erst in reiferen Jahren, ohne daß sich selbst die Unvollkommenheit ihres Zwerchfelles durch auffallende Athmungsstörungen verrathen hätte.

Halten wir uns an die anatomischen Untersuchungen, die mit freiem Auge am Menschen angestellt worden, so begeben sich Fäden des Zwerchfellnerven in das Herz-, das Magen- und das Samengeflecht. Reiser benachbarter Rückenmarksnerven dringen anderseits in das Zwerchfell ein. Es ließe sich hiernach erwarten, daß der Zwerchfellnerv noch andere Gebilde, als das Zwerchfell beherrschen, und daß ein Theil von diesem von anderen Nerven ebenfalls abhängen wird. Die bis jetzt an Säugethieren angestellten physiologischen Prüfungen haben keine jener beiden Voraussetzungen mit Sicherheit unterstützen können. C. F. Burdach [1]) fand zwar, daß die galvanische Reizung des rechten Zwerchfellnerven eines frisch getödteten Kaninchens Magenbewegungen, die nicht von den mechanischen Wirkungen des Zwerchfelles herrührten, hervorrief. Wurde der gleiche Versuch an der linken Seite angestellt, so blieb jener Erfolg aus. Diese Beobachtung, die den anatomischen Verhältnissen keineswegs entsprechen würde, ist mir weder an Hunden, noch an Kaninchen gelungen.

Die Beziehungen, in denen der Zwerchfellnerv zu dem absteigenden Aste des Zungenfleischnerven (N. hypoglossus) steht, werden uns später bei der Betrachtung dieses Nerven beschäftigen.

Da das Schluchzen das Zwerchfell vorzugsweise in Anspruch nimmt, so muß man die Gegend, in welcher der Zwerchfellnerv am Halse verläuft, in Krankheitsfällen, in denen jene Beschwerde in den Vordergrund tritt, genauer prüfen. Es können örtliche Reize, welche ein peripherisches Stück des Zwerchfellnerven treffen, anhaltendes Schluchzen dadurch bedingen, daß die ihm entsprechenden Centralwerkzeuge zur Unterhaltung eines regelwidrigen Muskelspieles gezwungen werden. Vgl. G. Hirsch, Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg 1843. 8. S. 250. 51, und M. H. Romberg, Lehrbuch der Nervenkrankheiten der Menschen. Bd. I. Berlin 1843. 8. S. 354—58.

Es gilt im Allgemeinen als Regel, daß die hinteren Muskelmassen 4258
der Wirbelsäule von den hinteren Zweigen der benachbarten Rückenmarksnerven, die vorderen dagegen von den vorderen versorgt werden. Diejenigen Muskelgruppen, welche über eine Reihe von Wirbeln dahingehen, empfangen meistentheils eine größere Menge verschiedenartiger Nervenstämme. Wir stoßen endlich nicht selten auf die Eigenthümlichkeit, daß sich die symmetrische Vertheilung verwischt oder daß noch Hirnnerven außer den Rückenmarksnerven zu Hülfe kommen.

Einzelne Hals- und Nackenmuskeln liefern Beispiele dieser für die Be- 4259
urtheilung der Lähmungserscheinungen nicht unwichtigen Anordnungsweise. Der Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) wird von dem äußeren Aste des Beinerven (N. accessorius), dem kleinen Hinterhauptsnerven (N. occipitalis minor), dem großen Ohrnerven (N. auricularis magnus), dem Stamme des zweiten und dritten Halsnerven oder dem absteigenden Aste

[1]) C. F. Burdach, Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. I. Leipzig 1819. 4. Seite 240.

des Unterzungennerven, der freilich zu einem großen Theile den oberen Halsnerven angehört, aufgeſucht. Dieſer und Aeſte der Oberſchlüſſelbeinnerven (N. N. supraclaviculares) begeben ſich zu dem Bruſtzungenbeinmuskel (Sternohyoideus). Der Schulterzungenbeinmuskel (Omohyoideus) kann Fäden von dem abſteigenden Aſte des Unterzungennerven, dem Achſelgeflechte und den Oberſchlüſſelbeinnerven aufnehmen. Der Kappenmuskel (Cucullaris) bezieht endlich ſeine Nerven von dem äußeren Aſte des Beinerven, dem großen Hinterhauptsnerven, dem dritten, dem vierten und ſelbſt von einzelnen der tieferen Hals- und der oberen Bruſtnerven oder dem Achſelgeflechte. Fäden des Antlitznerven (N. facialis) und der Hinterhauptsnerven betheiligen ſich an der Verſorgung des Hinterhauptsmuskels (Occipitalis), der Halshaut und des Lachuskels (Platysmamyoides und Risorius Santorini) und der kleinen Muskeln des äußeren Ohres. Eben ſo werden einzelne Zungenmuskeln (Geniohyoideus, Genioglossus, Hyoglossus) von dem Unterzungennerven und den oberſten Halsnerven gleichzeitig beherrſcht.

4260 Manche Muskelmaſſen, die den beiden oberflächlichen Schichten der Rückenmuskeln angehören, oder ſich vorn an die Rippen anheften, zeichnen ſich dadurch aus, daß ſie Zweige von eigenen größeren Nervenſtämmen neben den gewöhnlichen Aeſten der entſprechenden Rückenmarksnerven aufnehmen. Der zweibauchige Nackenmuskel (Biventer cervicis) erhält z. B. Fäden von dem großen Hinterhauptsnerven (N. occipitalis magnus), der Schulterblattheber (Levator scapulae) und der größere und der kleinere Rautenmuskel (Rhomboidei major und minor) von dem Rückennerven des Schulterblattes (N. dorsalis scapulae), der breite Rückenmuskel (Latissimus dorsi) von dem Randnerven des Schulterblattes (N. marginalis scapulae) und ſelbſt dem Achſelgeflechte oder dem Speichennerven (N. radialis), der vordere Sägemuskel (Serratus anticus major) endlich von dem äußeren Athemnerven (N. respiratorius externus), dem Rücken- und dem Randnerven des Schulterblattes.

4261 Die Bauchmuskeln beziehen ihre Nerven von den unteren Bruſtwirbel- und den oberen Lendennerven. Der äußere ſchiefe Bauchmuskel (Obliquus abdominis externus) wird von den vorderen Aeſten des 3. bis 12. Bruſtwirbelnerven, dem Hüft- Beckennerven (N. ileo-hypogastricus) und dem Hüft-Lendennerven (N. ileo-inguinalis) des erſten Lendennerven, der innere ſchiefe (Obliquus internus) und quere Bauchmuskel (Transversus abdominis) von denſelben Stämmen mit Ausnahme des 3. Bruſtwirbelnerven und dem Leiſtennerven (N. inguinalis) des zweiten Lendennerven, der gerade Bauchmuskel (Rectus abdominis) von dem 3. bis 12. und der Pyramidenmuskel (Pyramidalis) von dem 12. Bruſtwirbelnerven, dem Hüftbeckennerven oder dem Lendengeflecht verſorgt. Der viereckige Lendenmuskel (Quadratus lumborum) bezieht ſeine Faſern von den vorderen Aeſten der letzten Bruſt- und drei erſten Lendennerven und bisweilen von dem Hüft- Becken- und dem Hüft- Leiſtennerven.

4262 Vergleichen wir die Bd. I. §. 1232 fgg. aufgezählten Einathmungsmuskeln ſo ſehen wir, daß ſich an ihnen alle Hals- und Bruſtnerven,

von den Hirnnerven dagegen nur der Beinerv (N. accessorius) betheiligen. Berücksichtigen wir einzelne der ausgezeichneteren Stämme, die hier in Betracht kommen, so haben wir den Zwerchfellnerven (N. phrenicus) für das Zwerchfell, die Zwischenrippennerven (N. N. intercostales) für die Zwischenrippenmuskeln, den hinteren Brustnerven (N. respiratorius externus) für den vorderen Sägemuskel, den Rückennerven des Schulterblattes (N. dorsalis scapulae) für jenen, den Schulterblattheber und die Rautenmuskeln und den äußeren Ast des Beinerven für den Kappenmuskel und den Kopfnicker. Wir sehen hieraus, daß die meisten Muskelmassen, die andere eigenthümliche Hauptstämme neben den gewöhnlichen Aesten der Rückenmarksnerven aufnehmen, bei der Einathmung thätig sein können. Es muß jedoch bemerkt werden, daß jene Eigenthümlichkeit in vielen anderen Muskeln, die sich ebenfalls bei jener Wirkungsart betheiligen, nicht wiederkehrt.

Betrachten wir endlich noch die mit quergestreiften Fasern versehe- 4263
nen Verkürzungsgebilde, die im Becken und unmittelbar unter dem Ausgange desselben vorkommen, so hängt der Steißbeinmuskel (Coccygeus) von den letzten Kreuzbein- (und Schwanzbein-) Nerven ab. Die queren Dammmuskeln (Transversi perinaei) schöpfen ihre Fasern aus dem gemeinschaftlichen Schaamnerven (N. pudendus) des Hüftgeflechtes, der äußere Afterschließer (Sphincter ani externus) aus dem erwähnten Schaamnerven und dem unteren Mastdarmnerven (N. haemorrhoidalis imus) des Schaamnerven oder des Schaamgeflechts. Der Schaamnerve versorgt noch den Ruthensteifer (Ischiocavernosus), den Harnschneller (Bulbocavernosus) und den Scheidenschnürer (Constrictor cunni), der Samennerv (N. spermaticus) endlich den Hodensackmuskel (Cremaster).

Die Stämme und die Zweige, welche die Armhaut aufsuchen, bie- 4264
ten so viele Verschiedenheiten und Wechselverbindungen dar, daß sich nur ungefähr angeben läßt, von welchen Quellen die einzelnen Gebiete versorgt werden. Die Umgebung des Schultergelenkes bezieht ihre Hautnerven vorzugsweise von den Oberschlüsselbeinnerven (N. N. supraclaviculares), den vorderen Brustkastennerven (N. N. thoracici anteriores) und einzelnen Vorderzweigen der vier obersten Brustwirbelnerven, die Gegend der Achselhöhle außerdem noch von dem inneren und dem hinteren Hautnerven (N. N. cutanei brachii internus und posterior superior) und dem Achselnerven (N. axillaris), der Oberarm von den Oberschlüsselbeinnerven, den drei Hautnerven (N. N. cutanei brachii internus, medius externus und posterior), dem Achselnerven und den vier obersten Brustwirbelnerven, der Vorderarm von den drei zuerst genannten Hautnerven, dem Speichennerven (N. radialis) und dem Ellenbogennerven (N. ulnaris), die Hohlhand von dem äußeren Hautnerven des Armes, dem Mittelnerven (N. medianus) und dem Ellenbogennerven und der Handrücken von dem äußeren Hautnerven, dem Speichennerven und dem Ellenbogennerven. Während aber hierbei ein nicht unbedeutender Spielraum den einzelnen Abweichungen gestattet ist, pflegen die Finger beständigere Verhältnisse darzubieten. Der Mittelnerv versorgt nämlich die Haut der Volarflächen

des Daumens, des Zeige-, des Mittel- und des Ringfingers, der Ellenbogennerv beide Flächen des kleinen Fingers und des Ringfingers, so wie die Ulnarseite des Mittelfingers, der Speichennerv die Rückenfläche des Daumens, des Zeige- und zum Theil des Mittelfingers und der äußere Hautnerv die des Daumens. Eine Verletzung des Ellenbogennerven lähmt daher die Tastempfindlichkeit des kleinen Fingers, des Ringfingers und der Ulnarseite des Mittelfingers fast vollständig. Die Hautempfindung der anderen Finger dagegen hängt von einer größeren Zahl verschiedener Nervenstämme ab.

4265 Es kommt hin und wieder vor, daß zwei antagonistische Muskeln des Armes von zwei verschiedenen Nerven beherrscht werden. Es ereignet sich aber noch häufiger, daß ein und derselbe Hauptstamm seine Zweige an Muskelmassen von verschiedenartigen Thätigkeiten abgiebt. Eine einseitige unrichtige Stellung einzelner Theile der oberen Extremität hängt nur selten von dem Leiden eines peripherischen Nervenstammes ab. Die Ursache dieser Entstellung liegt meist in den Centralwerkzeugen des Nervensystemes, von denen, wie wir später sehen werden, die Beugung und die Streckung und die meisten anderen Lagenverhältnisse der Glieder bestimmt werden.

Der Ellenbogennerv und der Mittelnerv versorgen z. B. die Fingerbeuger und der Speichennerv die Fingerstrecker, dieser die Rückwärtswender und der Mittelnerv die Vorwärtswender der Hand. Der Anzieher des Daumens wird von dem Ellenbogen- und der kleine Abzieher von dem Mittelnerven beherrscht. Allein der Speichennerv kann nicht bloß den großen Abzieher, sondern auch den Anzieher des Daumens mit Zweigen versehen. Der mittlere und der äußere Hautnerv des Armes verlaufen zu den Beugern und der Achselnerv zu den Streckern des Vorderarmes. Der Speichennerv versorgt jedoch nicht nur den dreiköpfigen (Triceps brachii), sondern auch den inneren Armmuskel (Brachialis internus). Zweige des Achselnerven verbreiten sich in die beiden runden Muskeln (Teretes major und minor), die auf den Oberarm in entgegengesetzter Weise wirken können. Der Speichennerv begiebt sich zu den Speichenstreckern (Extensores carpi radiales longus und brevis) und dem Ellenbogenstrecker (Extensor carpi ulnaris), die zwar in ihrem Einflusse auf die Streckung übereinstimmen, sich dagegen für die An- und die Abziehung der Hand entgegengesetzt verhalten. Die vielseitige und wechselnde Wirkung, deren die einzelnen Muskeln fähig sind, muß schon jede vollkommene Uebereinstimmung mit dem unveränderlichen anatomischen Verlaufe unmöglich machen.

Halten wir uns an die Bd. II. Abth. I. S. 313 gegebene Uebersichtstabelle und berücksichtigen hierbei nur die nicht in Parentheses eingeschlossenen Hauptmuskeln, so ergiebt sich, daß das Schlüsselbein unter dem Einflusse der Halsnerven, des äußeren Astes des Beinerven, des großen Hinterhauptsnerven und des Rückennerven des Schulterblattes gehoben und unter dem der vorderen Brustkastennerven und zum Theil des Achselnerven und des Randnerven des Schulterblattes gesenkt werden kann. Das Schulterblatt vermag durch die Zweige der Halsnervenstämme der Oberschlüsselbeinnerven und des Rückennerven des Schulterblattes, so wie zum Theil durch die Nerven, welche den Kappenmuskel versorgen, in die Höhe und durch den großen Brust-, die unteren Hals- und die oberen Brustkastennerven nach abwärts zu gehen. Der obere und der untere Theil des Kappenmuskels sind wahrscheinlich noch im Stande, diese beiderseitigen Bewegungen zu unterstützen.

Die vorderen Brustkastennerven, der Achselnerv und der Oberschulterblattnerv betheiligen sich bei der Hebung, die vorderen Brustkastennerven, der Achselnerv, die Unterschulterblattnerven und zum Theil der Speichennerv bei der Senkung des Oberarmes. Die Drehung nach innen kann von den Unterschulterblattnerven, den vorderen Brustkastennerven und dem Achselnerven, und die nach außen von dem Oberschulterblattnerven und dem Achselnerven abhängen.

Die Bewegung des Vorderarmes wird von dem inneren Hautnerven des Oberarmes und bisweilen dem Mittelnerven und dem Speichennerven, die Streckung dagegen von dem Achselnerven und dem Speichennerven geleitet. Die Vorwärtswendung hängt von dem Mittelnerven und die Rückwärtswendung von dem Speichennerven ab.

Der Mittel-, der Speichen- und der Ellenbogennerv verzweigen sich in den Beuge- und der Speichennerv in den Streckmuskeln, der Ellenbogen- und der Speichennerv in den An- und der Mittel- und der Speichennerv in den Abziehern des Handgelenkes. Der Mittelnerv und der Ellenbogennerv leiten die Beugung, der Speichennerv dagegen die Streckung der Finger.

Stellen wir uns endlich die größeren Stämme und die möglichen Hauptthätigkeiten der Muskeln, zu denen ihre Zweige verlaufen, übersichtlich zusammen, so erhalten wir:

Nerven.	Muskeln.	Hauptthätigkeiten.
N. N. supraclaviculares.	Cucullaris, Levator scapulae. Omohyoideus.	Hebung des Schulterblattes.
N. N. thoracici anteriores.	Subclavius (Deltoideus).	Senkung des Schlüsselbeines.
	Pectoralis major.	Senkung des Oberarmes, Zug desselben nach vorn gegen die Brust oder Stellung desselben nach innen.
	Pectoralis minor.	Senkung der Schulter nach vorn, innen und unten oder Außenbewegung der Rippen.
N. thoracicus posterior sup s. respiratorius externus.	Serratus anticus.	Bewegung der Schulter nach außen und vorn.
N. suprascapularis.	Supraspinatus.	Hebung des Oberarmes.
	Supraspinatus und Infraspinatus.	Drehung des Oberarmes nach außen.
N. N. subscapulares.	Subscapularis. Teres major.	Drehung des Oberarmes nach innen.
N. marginalis scapulae.	Serratus anticus. Latissimus dorsi.	Senkung der Schulter.
(N. cutaneus brachii medius.)	(Biceps brachii.)	(Beugung des Vorderarmes.)
	(Coracobrachialis.)	(Senkung der Schulter?)
N. musculo-cutaneus.	Biceps brachii. Brachialis internus.	Beugung des Vorderarmes.
	(Coracobrachialis.)	(Senkung der Schulter?)
N. axillaris.	(Teres major.)(Subscapularis.)	(Einwärtsrollung des Oberarmes.)
	Teres minor.	Auswärtsrollung des Oberarmes.
	Deltoideus.	Hebung des Oberarmes.
	(Triceps brachii.)	(Streckung des Vorderarmes.)
N. ulnaris.	Flexor carpi ulnaris. Palmaris longus.	Beugung der Hand.
	Flexor carpi ulnaris.	Anziehung derselben.
	Flexores quatuor digitorum sublimis und profundus. Flexor digiti minimi brevis (Abductor und Opponeus digiti minimi)	Beugung der vier Finger.

Nerven.	Muskeln.	Hauptthätigkeiten.
	Adductor pollicis.	Anziehung des Daumens.
	Abductor indicis.	Abziehung des Zeigefingers.
	Interossei.	Auseinanderspreizen der Finger.
N. medianus.	(Biceps brachii).	(Beugung des Vorderarmes.)
	Pronatores teres und quadratus.	Vorwärtsdrehung des Vorderarmes.
	Flexor carpi radialis (und ulnaris).	Beugung der Hand.
	Flexores quatuor digitorum sublimis und profundus. Flexores pollicis longus u. brevis. (Lumbricales.)	Beugung der fünf Finger.
	Abductor u. Opponens pollicis.	Abziehung und Drehung des Daumens nach innen.
N. radialis.	(Latissimus dorsi.)	Einwärtsrollung des Oberarmes.
	Brachialis internus.	Beugung des Vorderarmes.
	Triceps brachii.	Streckung des Vorderarmes.
	Supinatores longus u. brevis.	Rückwärtswendung des Vorderarmes.
	Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus und brevis.	Beugung und Abziehung der Hand.
	Extensores carpi radiales u. Extensor carpi ulnaris.	Streckung der Hand.
	Extensor digitorum communis. Extensores pollicis longus u. brevis, indicis und digiti minimi.	Streckung der Finger.
	Abductores indicis u. digiti minimi. Adductor u. Abductores pollicis longus u. brevis.	Abziehung des Daumens, des Zeigefingers und des kleinen Fingers und Anziehung des Daumens.

4266 Die in der Nähe des Schaamberges befindliche **Oberschenkelhaut** bezieht ihre Nervenfasern aus dem letzten Brustnerven und den Lendennerven, den Verzweigungen des Hüft- Beckennerven (N. ileo-hypogastricus), des Hüft- Lendennerven (N. ileo- inguinalis) und des gemeinschaftlichen Schaamnerven (N pudendus communis), die Gegend des Gesäßes dagegen aus den Lenden- und den Kreuzbeinnerven, dem oberen und dem unteren Gesäßnerven (N. glutaei superior und inferior), dem hinteren Hautnerven des Oberschenkels (N. cutaneus femoris posterior) und dem Hüftnerven (N. ischiadicus). Der vordere und der hintere Hautnerv des Oberschenkels (N. cutanei femoris anterior und posterior), der Schenkelnerv (N. cruralis), der Hüftlochnerv (N. obturatorius) und zum Theil der Hüftnerv (N. ischiadicus) versorgen die Haut der vorderen Fläche des

Oberschenkels, während die hintere Fläche ihre Hauptzweige vorzugsweise aus dem hinteren Hautnerven, dem Schenkel- und dem Hüftnerven empfängt. Die Umgebung des Kniees wird von dem vorderen und dem hinteren Schenkelhautnerven, dem Schenkel- dem Hüftloch- und dem Hüft- oder dem Schienbein- und dem Wadenbeinnerven (N. N. tibialis und peroneus), der Unterschenkel von diesen beiden letzteren Stämmen, dem hinteren Hautnerven, dem Schenkel- und dem Hüftlochnerv versehen. Der Schenkel-, der Wadenbein- und der Schienbeinnerv beherrschen zunächst den Fußrücken, während die Fußsohle vorzugsweise von dem Schienbeinnerven bestimmt wird. Er und der Wadenbeinnerv begeben sich zu den beiderseitigen Zehenflächen.

Der Hüftnerv, dem kein anderer Körpernerv an Umfang gleichkommt, enthält zwar einen sehr großen Theil der Empfindungsfasern des Beines und vorzugsweise des Unterschenkels und des Fußes. Es ergiebt sich aber aus dem eben Dargestellten, daß Schmerzen, die von dem Hüftlochnerven herrühren, mindestens bis zum Unterschenkel, und die, welche durch den Schenkelnerven bedingt werden, bis zu dem Fußrücken reichen können.

Da die Zweige des Hüftnerven fast alle Muskeln des Unterschenkels 4267
und des Fußes versorgen, so versteht es sich von selbst, daß hier die verschiedenartigsten Gegenfüßler ihre Bewegungsfasern aus jener gemeinschaftlichen Hauptquelle beziehen. Berücksichtigen wir aber auch nur den Schienbein- und den Wadenbeinnerven, so finden wir, daß sie sich bloß theilweise zu Muskeln, die einander entgegenarbeiten, begeben. Die größere Menge von Nervenstämmen, die sich in dem Oberschenkel verbreiten, begünstigt eher eine physiologische Sonderung. Sie ist aber auch hier nicht im Stande, in allen Fällen durchzugreifen.

Der Schienbeinnerv beherrscht z. B. die Beuger und der Wadenbeinnerv die Strecker der Zehen, jener den hinteren und dieser den vorderen Schienbeinmuskel. Allein beide begeben sich zu den Wadenmuskeln. Die Beuger des Unterschenkels hängen von dem Hüftnerven und die Strecker von dem Schenkelnerven ab. Der große Anzieher empfängt seine Fasern aus dem Hüftnerven und dem Hüftlochnerven. Die Beuger des Hüftgelenkes hängen von den Vorderästen der Lendennerven, dem äußeren Schaamnerven, dem Schenkelnerven und bisweilen dem äußeren Hautnerven, die Strecker dagegen von den Gesäßnerven, dem Hüft- oder dem Hüftlochnerven ab. Der obere Gesäßnerv, der Schenkel- und der Hüftnerv versorgen Muskelmassen, die den Schenkel nach innen, und andere, die ihn nach außen wenden.

Berücksichtigen wir wiederum die Bd. II. Abth. I. S. 327 gegebene Uebersichtstabelle, so hängt die Beugung des Oberschenkels vorzugsweise von den Vorderästen der Lendennerven, dem äußeren Schaamnerven, dem Schenkelnerven und zum Theil bisweilen von dem vorderen Schenkelhautnerven, die Streckung dagegen von den Gesäßnerven und dem Hüftgeflechte überhaupt ab. Der Hüftlochnerv, der Hüftnerv und der Schenkelnerv verlaufen zu den Anziehern, die Gesäßnerven und der Schenkelnerv zu den Abziehern und zu den Einwärtsrollern, der Hüftlochnerv, der Hüftnerv und die Gesäßnerven zu den Auswärtsrollern. Der Stamm des Hüftnerven und der Wadenbeinnerv begeben sich zu den Beugern, der Schenkelnerv dagegen zu den Streckern des Unterschenkels. Seine Wendung nach innen hängt von dem Hüftnerven und dem Hüftlochnerven und die nach außen von dem Hüftnerven ab. Der Wadenbeinnerv beherrscht in der Regel die Beuger, er und der Schienbeinnerv dagegen die Strecker des Fußes, während die Beugung der Zehen von diesem und die Streckung von jenem Nervenstamme geleitet wird. Der Wadenbeinnerv versorgt überdies die Muskeln, welche den Fuß nach innen und die, welche ihn nach außen wenden, und der Schienbeinnerv eben so gut den Anzieher, als den Abzieher der großen Zehe.

Stellen wir uns die vorzüglichsten Nervenstämme, welche die Muskeln des Beines beherrschen, ihren physiologischen Einflüssen nach übersichtlich zusammen, so finden wir:

Nerven.	Muskeln.	Hauptthätigkeiten.
(N. ileo-inguinalis.)	(Psoas major.)	(Beugung des Oberschenkels.)
N. pudendus externus.	Psoas major.	Beugung des Oberschenkels.
Vordere Aeste der Lendennerven.	Psoas major (und minor).	desgl.
(N. cutaneus femoris anterior.)	(Psoas major und minor. Iliacus internus.)	desgl.
N. cruralis.	Psoas major und minor. Iliacus internus. (Sartorius.)	desgl.
	(Pectineus und Tensor fasciae latae.)	Anziehung u. Abziehung des Oberschenkels.
	Gracilis.	Bewegung des Unterschenkels nach innen.
	Rectus femoris. Vasti externus u. internus. Cruralis. (Sartorius.)	Streckung des Unterschenkels.
	(Flexor brevis hallucis.)	(Beugung der großen Zehe.)
N. obturatorius.	(Psoas major und minor. Pectineus.)	(Beugung des Oberschenkels.)
	Adductores longus, brevis u. magnus.	Anziehung des Oberschenkels.
	Obturatores internus u. externus.	Drehung des Oberschenkels nach außen und hinten.
	Gracilis.	Bewegung des Unterschenkels nach innen.
N. glutaeus superior.	Glutaei maximus medius und minimus.	Streckung, Abziehung und Wendung des Oberschenkels nach außen.
	Tensor fasciae latae.	Abziehung und Einwärtsrollung des Oberschenkels.
N. glutaeus inferior.	Glutaeus maximus.	Streckung und Auswärtsrollung des Oberschenkels.
Einfacher Hauptstamm des N. ischiadicus.	Gemelli. Piriformis. Obturator internus. Quadratus femoris.	Drehung des Oberschenkels nach außen und hinten.
	Adductor magnus.	Anziehung des Oberschenkels.
	Obturator internus. Caput longum bicipitis. Semitendinosus. Semimembranosus.	Streckung des Oberschenkels.
N. peroneus.	Biceps, Semitendinosus. Semimembranosus (Popliteus.)	Beugung des Unterschenkels.
	Biceps femoris. (Popliteus) (Gastrocnemius) (Soleus).	Beugung des Unterschenkels.
	Biceps femoris.	Drehung des Unterschenkels nach außen.
	Gastrocnemius (Soleus) (Plantaris).	Streckung der Ferse.
	Peronei longus und brevis.	Wendung der Fußsohle nach außen.
	Peronei longus, brevis und tertius.	Drehung des Innenrandes der Fußsohle nach unten.

Nerven.	Muskeln.	Hauptthätigkeiten.
	Tibialis anticus. Peroneus tertius.	Beugung des Fußes und Hebung des inneren Fußrandes.
	Extensores hallucis longus und brevis. Extensores quatuor digitorum longus und brevis.	Streckung der Zehen.
	(Interosseus dorsalis I.)	(Anziehung der zweiten Zehe.)
N. tibialis.	Gastrocnemius. (Popliteus.)	Beugung des Unterschenkels.
	Gastrocnemius. Soleus (Plantaris). (Tibialis posticus.)	Streckung der Ferse.
	Tibialis posticus.	Anziehung des inneren Fußrandes.
	Flexores hallucis longus und brevis. Flexores quatuor digitorum communes longus und brevis. (Adductor hallucis.) Quadratus Sylvii. Lumbricales.	Beugung aller Zehen.
	Abductor und Adductor hallucis.	An- und Abziehung der großen Zehe.
	Abductor digiti minimi.	Abziehung der kleinen Zehe.
	Interossei.	Anziehung oder Abziehung der einzelnen Zehen.

Hirnnerven. — Wir begegnen hier zweierlei Hauptclassen von 4268
Nervenstämmen. Die einen vermitteln die eigenthümlichen Empfindungen der vier höheren Sinneswerkzeuge, das Riechen, das Sehen, das Hören und das Schmecken, die anderen dagegen die Tasteindrücke oder die Bewegungen der ihnen entsprechenden Körpergebilde. Das erste, das zweite, das achte und das neunte Nervenpaar gehören zu der ersten, die übrigen Hirnnerven dagegen zu der zweiten Abtheilung.

Die an lebenden oder an frisch getödteten Thieren angestellten Untersuchungen liefern auch hier die sicherste Grundlage der Erkenntniß. Da aber die Entfernung des Schädeldaches und die Bloßlegung der einzelnen Hirnnerven zu den grausamsten Eingriffen, denen ein lebendes Thier unterworfen werden kann, gehört, da die Geschöpfe, welche auf diese Weise behandelt werden, nur kurze Zeit fortleben, so hat man häufig den Versuch gemacht, einzelne Hirnnerven ohne die Oeffnung der Schädeldecke anzugreifen. Magendie bediente sich zuerst hierzu einer eigenen Vorrichtung, die unter dem Namen des Neurotoms bekannt ist. Fig. 343 (s. f. S.) zeigt uns die Formen desselben, welche ich zu gebrauchen pflege. Ein rundes Stilet *a* trägt ein beilförmiges und vorn zugespitztes Messerchen, das mit einer convexen Schneide versehen ist. Der Griff besitzt ein dem Rücken des Instrumentes entsprechendes Zeichen. Man sticht die Spitze von *b* Fig. 343 durch die Haut und die Schädelknochen eines jungen Kaninchens, Meerschweinchens oder Hundes oder einer kleinen Katze durch, rückt an der Schädelgrundfläche bis zu dem Orte, an dem der Nerv liegt, weiter vor, wendet den Griff so, daß die Schneide den Nervenstamm berührt und trennt diesen mit einigen kurzen und kräftigen Zügen durch. Da man hier auf ein bloßes Tappen beschränkt ist, so legt man sich am Zweckmäßigsten den geöffneten Schädel eines gleich großen Thieres zur Seite,

Fig. 343.

um die schwierige Bahn mit mehr Sicherheit zu verfolgen und die nöthige Entfernung desto eher zu treffen. Longet [1]) ließ sogar eine besondere Schraubenvorrichtung, mittelst der man den nöthigen Abstand an dem todten Schädel von vorn herein feststellt, an dem von ihm gebrauchten Neurotom anbringen. Will man seine Untersuchungen an größeren oder an älteren Thieren anstellen, will man die einzelnen Wurzeln der Rückenmarksnerven in ähnlicher Weise durchschneiden, so nimmt man ein größeres und stärkeres Messer, dessen Klinge in c Fig. 343 abgebildet worden. Ein Hauptübelstand, der alle diese Bemühungen begleitet, besteht darin, daß man leicht größere Gefäße verletzt und störende Blutungen herbeiführt, oder daß man die Centraltheile des Nervensystems selbst an einzelnen unpassenden Stellen auf dem Zwischenwege angreift. Sorgfältige Leichenöffnungen müssen daher immer den wahren Werth der gemachten Erfahrungen genauer feststellen.

4269 I. Geruchsnerv (N. olfactorius) (Fig 344. *o.*). Die Riechnerven eines lebenden Säugethieres oder Vogels können ohne die geringsten Schmerzenszeichen verletzt werden. Hat

Fig. 344.

[1]) F. A. Longet, Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. Paris 1842. 8. pag. 158. 59.

man beide Geruchsnerven zerstört, so geht die Fähigkeit, die bloßen Geruche aufzufassen, verloren. Es erhält sich dagegen die Tastempfindlichkeit der Nase unversehrt. Hunde, welche auf diese Weise verstümmelt worden, achteten nicht mehr auf die in Papier gewickelten Fleischmassen, die ihnen Magendie vorgeworfen hatte. Kaninchen, welche früher den Leichnam eines anderen frischgetödteten Kaninchens beschnüffelten, unterließen dieses, nachdem ich ihre Riechnerven ohne Verletzung des Gehirns durchschnitten hatte. Berührt oder kratzt man dagegen die Schleimhaut der Nase mit einem spitzen Drathe, so lehren die Gegenbewegungen des Thieres, daß diese Art von Eindrücken deutlich aufgefaßt wird. Kaninchen und Tauben, deren Riechnerven verletzt worden, fliehen noch die Dämpfe des Ammoniaks oder der Essigsäure, weil diese Körper auf die Tastnerven chemisch einwirken. Kommen die Dünste jener Verbindungen mit anderen sehr empfindlichen Oberflächen in Berührung, so wiederholen sich ähnliche Widerstandserscheinungen.

Man kann auch den gleichen Unterschied zwischen der eigentlichen Riech- und der Tastempfindung in dem Menschen nachweisen. Es giebt Leute, die den Moschus nicht riechen, das Ammoniak aber sogleich erkennen. Personen, deren dreigetheilter Nerv gelähmt ist, haben die Geruchsempfindung nicht verloren.

Will man sich von der Unfähigkeit der Riechnerven, Schmerzenseindrücke zu vermitteln, überzeugen, so kann man den Schädel eines Kaninchens öffnen, die Großhirnhemisphären emporheben und dann die Geruchsnerven unmittelbar angreifen. Die Thiere verhalten sich hierbei völlig ruhig. Da sie ähnliche Verletzungen, die andere empfindliche Hirnnerven treffen, mit Schreien oder mit heftigen Gegenbewegungen beantworten, so darf man schon hieraus schließen, daß die vorangegangenen Qualen die Unempfindlichkeit nicht bedingt haben.

Will man die Bloßlegung des Gehirns vermeiden, so macht man nur den vorderen und den mittleren Theil des Stirnbeines frei, entfernt die Knochenmasse desselben in dem nöthigen Umfange, geht mit einem Messer in die Tiefe, bis man an die gegenüberstehende Knochenwand anstößt und fährt mit der Schneide hin und her, bis man sicher zu sein glaubt, daß man die Nerven vollständig getrennt hat. Diese Verwundung erzeugt eine nur unbedeutende Blutung, die von selbst oder nach Anwendung von kaltem Wasser still steht.

Hat man den Riechnerven getrennt, so kann man den mit dem Gehirn in Verbindung stehenden Abschnitt desselben drücken, ohne daß das Thier Schmerzenszeichen von sich giebt.

Eine Reihe von Krankheitsfällen, in denen der Mangel der Geruchsnerven oder die Zerstörung derselben durch Geschwülste und andere Entartungen die Riechempfindung aufgehoben hatte, findet sich in D. F. Eschricht: De functionibus nervorum faciei et olfactus organi. Hafniae 1825. 8. p. 54. De functionibus nervorum p. 11, und F. A. Longet: Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. Paris 1842. 8. p. 37—41.

Prüft man die pathologischen Erfahrungen genauer, so kann keine von denen, in welchen der dreigetheilte Nerv gelähmt war, mit Sicherheit beweisen, daß dieser Nervenstamm wahre Geruchsempfindungen vermittelt. Man sagt in der Regel, daß Menschen, welche die Tastempfindlichkeit ihrer Nasenschleimhaut verloren haben, die Dämpfe des Ammoniaks gar nicht bemerken. Da sie jedoch nicht bloß ätzend wirken, sondern auch einen besondern, wenn auch schwachen Geruch darbieten, so muß eine abermalige Prüfung jenes Ausspruches den Werth dieser Behauptung genauer feststellen.

4270 II. Sehnerv (N. opticus) (Fig. 344 *p*.). — Legt man diesen Nervenstamm an der Schädelgrundfläche lebender Kaninchen bloß und durchschneidet ihn dann der Quere nach, so geben die Thiere keine Schmerzenslaute von sich. Es kommt dagegen vor, daß Widerstandsbewegungen nachfolgen. Diese Erscheinung beweist nicht nothwendigerweise die Anwesenheit von schmerzempfindenden Fasern. Sie kann vielmehr aus der Auffassung der dann entstehenden subjectiven Feuerbilder erklärt werden. Sticht man den Nerven nur an, so scheint es das Kaninchen nicht zu bemerken. Es ist hierbei gleichgültig, ob man den Stamm vor oder hinter dem Chiasma verletzt. Tauben führen zu ähnlichen Ergebnissen.

4271 Rottet man den Augapfel eines Menschen aus, so empfindet dieser keinen Schmerz, so wie man den Sehnerven allein mit der Scheere durchschneidet. Ich beobachtete dieses wenigstens in einem Falle, in dem vorher die Nachbartheile losgetrennt worden waren. Obwohl der Sehnerv und die Netzhaut vollkommen gesund erschienen, so wollte doch die Person keine Feuerscheinungen wahrgenommen haben. Andere Forscher bemerkten dagegen subjective Flammenbilder unter den gleichen Verhältnissen.

Versucht man den Sehnerven eines lebenden Kaninchens mit dem Neurotom in der Schädelhöhle zu durchschneiden, so dringt man vor dem Ohre ein, geht der Hinterwand der Augenhöhlen entsprechend nach innen, wendet die Klinge nach unten und trennt den Sehnerven mit einigen kräftigen Zügen durch. Eine dann eintretende tödtliche Blutung macht diesen schwierigen Versuch häufig vergeblich. Bemüht man sich, den Sehnerven in der Augenhöhle anzugreifen, so durchbohrt man die Bindehaut an dem Ende des Orbitalrandes des Stirnbeines zwischen dem Augapfel und dem oberen Augenlide, führt das Neurotom längs der äußeren und hinteren Wand der Augenhöhle nach hinten und innen zu fort, dringt so bis zu dem Sehnervenloche vor und durchschneidet den Sehnerven, der sich durch seinen geringeren Gegendruck dem Gefühle verräth. Dieser Eingriff ist weniger lebensgefährlich. Wird auch dabei nicht selten die Augenpulsader verletzt, so bewirkt die Blutung doch nur, daß der Augapfel etwas mehr hervortritt. Die Thiere können aber die Verwundung Monate lang überleben. Die Ergebnisse, welche dieses zweite Verfahren liefert, fallen dafür nicht selten schwankender aus, weil auch oft andere empfindende Nervenstämme, die in der Augenhöhle verlaufen, gedrückt oder zerrissen werden.

4272 Sticht man die Netzhaut eines Kaninchens, ohne daß ein Zweig eines Ciliarnerven getroffen wird, an, so bemerkt man keine Schmerzensäußerungen. Magendie fand, daß auch die Retina des lebenden Menschen ohne irgend ein unangenehmes Gefühl verwundet werden kann.

Es versteht sich von selbst, daß die Lähmung oder die Zerstörung der Netzhaut, des Sehnerven oder der ihm entsprechenden Centralwerkzeuge Blindheit nach sich zieht. Die Augenheilkunde bezeichnet diesen Zustand mit dem Namen der Amaurose. Die Gesichtsschwäche, die aus einer unvollkommenen Thätigkeit der genannten Nervengebilde hervorgeht, heißt die Amblyopie. Beide Arten von Leiden gehen wahrscheinlich aus materiellen Veränderungen der Elemente der Gesichtsnerven hervor [1]). Da sich aber die feineren Gewebtheile der Netzhaut kurze Zeit nach dem Tode wesentlich ändern, so wird man nur selten Gelegenheit haben, die zarteren Entartungen aus menschlichen Leichen kennen zu lernen. Die Ursache der Krankheit liegt auch häufig nicht ursprünglich in der Netzhaut selbst, sondern in den Ausschwitzungen, welche die regelwidrigen Verhältnisse der Nachbartheile herbeiführen.

---

[1]) Vergl. Ruete, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. Braunschweig 1848. 8. S. 316.

Trübungen der Hornhaut oder Verwachsungen des Sehloches können die Gesundheit der Netzhaut ungestört lassen. Eine Aufhellung der Trübung oder die Herstellung einer künstlichen Pupille ist im Stande, das Gesicht noch nach Jahren vollständig wiederzugeben. Ebenso fand ich auch die regelrechten Elemente der Netzhaut in dem Auge eines Mädchens, dessen Augenhöhle zu einem großen Theile mit einem wuchernden Schwamme erfüllt und dessen Augapfel aus diesem Grunde beträchtlich hervorgetrieben war. Ich machte die gleiche Erfahrung an Kaninchenaugen, deren Hornhaut getrübt, deren Pupille verwachsen und deren vordere Augenkammer mit Ausschwitzungen gefüllt erschien. Die Durchschneidung des dreigetheilten Nerven kann diese Entartungen, wie wir später finden werden, nach sich ziehen.

Ist dagegen ein Auge ausgelaufen oder sonst in beträchtlichem Umfange zerstört worden, so vermißt man in der Regel die Netzhaut gänzlich. Man findet bisweilen eine dünne Faserhaut, die keine Spur der Netzhautelemente unter dem Mikroskope erkennen läßt. Fehlt auch der Glaskörper oder ist statt seiner eine flüssigere Masse vorhanden, so stößt man häufig auf eine halbdurchsichtige oder weißlich getrübte Ausbreitung, die sich aber nur als eine Ausschwitzung unter dem Mikroskope darstellt. Ein Knochenblatt, das an der Netzhaut eines Menschen vorkam, hatte den vollständigen Bau der regelrechten Knochenmasse. Ein Exsudat, das ich an der Stelle der Netzhaut in einem erblindeten Pferdeauge antraf, führte einzelne krystallinische Kugeln (Bd. I. §. 1668).

Die Sehnerven zeigen die eigenthümliche, keinem anderen Nerven zu- 4273
kommende Bildung, daß sie sich am Anfange ihres peripherischen Verlaufes zu einem unpaaren Mittelstücke, dem Chiasma, vereinigen und später wiederum nach beiden Seiten hin aus einander treten. So viel man bis jetzt weiß, kreuzt sich hierbei nur ein Theil der Nervenfasern, während ein anderer Theil an seiner ursprünglichen Seitenhälfte weiter verläuft. Jener umfaßt vorzüglich die tieferen und inneren und dieser die oberflächlicheren und äußeren Faserbündel. Man kann bis jetzt den Nutzen dieser Einrichtung nicht erklären.

Schneidet man den einen Sehnerven hinter dem Chiasma durch, so muß sich der Einfluß dieser Verletzung auf die beiden vor dem Chiasma verlaufenden Nervenstämme der theilweisen Kreuzung wegen übertragen. Ein solcher Eingriff würde daher beide Augen merklich schwächen, wenn nicht der eigenthümliche Fall einträte, daß wahrscheinlich ein nur geringer Bezirk der Netzhaut in den Säugethieren eben so gut, als in dem Menschen (§. 3733) das deutliche Sehen vermittelt. Man hat in früheren Zeiten vielfach gestritten, ob sich die Fasern im Chiasma gar nicht, theilweise oder vollständig kreuzen, und bemühte sich, diese Aufgabe mit Hilfe der Leichenöffnungen, die man an einseitig erblindeten Menschen machte, zu lösen. Die in dieser Hinsicht angestellten Untersuchungen lieferten aber nur sehr unbestimmte Antworten, weil in einzelnen Fällen der hinter dem Chiasma liegende Theil des Sehnerven derselben Seite, in anderen der der entgegengesetzten und in noch anderen die Abschnitte an beiden Seiten verdünnt, erweicht oder verkümmert waren [1]). Die Ergebnisse mußten um so schwankender ausfallen, als der atrophische Nervenstamm immer noch gesunde Fasern, die sich in die wichtigsten Theile der einen oder der anderen Netzhaut begaben, zu enthalten vermochte. Wir können uns überdies vorstellen, daß es nur von Nebenverhältnissen abhängt, ob alle Fasern des Sehnervenstammes nach der Zerstörung der Netzhaut schwinden und ob deshalb beide Nervenstämme hinter dem Chiasma von der Norm abweichen oder nicht.

III. **Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv** (N. oculomo- 4274
torius) (Fig. 344 *q*.). — **Versucht man den Nerven in Kaninchen bei unverletztem Schädel mit dem Neurotom zu durchschneiden, so bleiben die Thiere ruhig, so lange die Nadel des Instrumentes zwischen der**

[1]) Vergl. z. B. Longet, a. a. O. p. 68 — 73.

Grundfläche des Schädels und dem Gehirn dahingleitet. Wird dagegen der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv gedrückt, so schreien sie laut auf und wehren sich auf das Lebhafteste. Die Aeußerungen des Schmerzes vergrößern sich während der Durchschneidung des Nervenstammes. Ist diese vollführt, so beruhigt sich das Thier nach einigen Augenblicken. Dieser Versuch deutet darauf hin, daß die in der Schädelhöhle verlaufende Abtheilung der gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven nicht bloß bewegende, sondern auch empfindende Fasern enthält. Man kann jedoch einwenden, daß vielleicht das Neurotom empfindliche Stellen, die an der Grundfläche des Gehirns liegen, berührt hat oder daß Nachbartheile, an denen der dreigetheilte Nerv dahingeht, gleichzeitig gezerrt wurden.

Will man dieses Versuchsverfahren durchführen, so dringt man mit dem Neurotom, dessen Messer wagerecht gehalten wird, dicht vor dem Ohre in der Höhe der Schädelgrundfläche durch die Haut und den Knochen vor, rückt an jener bis zu dem deutlich fühlbaren Keilbeinkörper weiter, senkt dann den Griff und hebt auf diese Weise das vordere Ende des Instrumentes. Man stößt es hierauf noch eine kurze Strecke weiter und trennt endlich den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, nachdem man die Schneide des Messers nach unten gekehrt hat. Hat man selbst den präparirten Schädel eines anderen Kaninchens zur Hand und ist man auch noch so geübt, so ereignet es sich doch nicht selten, daß die Hirncarotis verletzt und eine störende Blutung herbeigeführt wird. Das Thier bekommt bald Krämpfe, die oft in den Hinterbeinen mit großer Heftigkeit auftreten. Es dreht sich bisweilen im Kreise herum. Es leidet häufig an allgemeinen Zuckungen. Der Kopf wird gewaltsam nach hinten gebogen. Klonische und tonische Krämpfe wechseln mit einander. Der leiseste Hautreiz bedingt einen Sturm von Muskelverkürzungen. Das Thier athmet immer beschwerlicher, tiefer und seltener. Die Bauchdecken spielen lebhafter und das Kaninchen stirbt endlich unter diesen Zeichen. Allgemeine Zuckungen ergreifen es noch bisweilen im Todeskampfe.

4275 Ein von Magendie[1]) beschriebener Versuch unterstützt die Ansicht, daß der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv nicht rein motorisch, sondern gemischt ist. Hatte er die Schädeldecke und die Hirnlappen eines lebenden Kaninchens entfernt und stach er den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven vor dessen Eintritt in die Augenhöhle an, so machte das Thier eine Gegenbewegung. Longet[2]) scheint die ursprüngliche Empfindlichkeit dieses Nervenstammes zu bezweifeln, weil dessen Fasern aus der Verlängerung der vorderen und der seitlichen Stränge entspringen und sich daher wie die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven verhalten. Wir werden aber in der Folge sehen, daß wir die Gehirnschenkel, aus denen die gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven hervortreten, zu denjenigen Hirntheilen, deren Verletzung Schmerzen erregt, rechnen müssen.

4276 Da sich die Aeste der gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven mit Zweigen des dreigetheilten Nerven mehrfach verbinden, so empfangen sie wahrscheinlich hierbei neue Empfindungsfasern. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, die Theile, in welchen diese endigen, mit Sicherheit anzugeben. Die Ciliarnerven, deren Reizung Schmerz verursacht, erhalten jedenfalls eine gewisse Menge von ihnen.

[1]) F. Magendie, Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Uebersetzt von G. Krupp. Leipzig 1841. 8. S. 233.
[2]) Longet, a. a. O. Tome II. pag. 381.

Der Stamm des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven zerfällt in 4277
zwei Hauptäste. Der obere versorgt den Heber des oberen Augenlides (Levator palpebrae superioris) und den oberen geraden Augenmuskel (Rectus superior). Der untere dagegen begiebt sich mit einer inneren Hauptverzweigung zu dem inneren und dem unteren geraden Augenmuskel (Recti internus und inferior), mit einer äußeren dagegen zu dem unteren schiefen Muskel (Obliquus inferior) und dem Augenknoten (Ganglion ciliare), dessen kurze Wurzel auf diesem Wege zu Stande kommt. Der dritte Hirnnerve versieht auch noch den Zurückzieher des Augapfels (Retractor bulbi) z. B. des Pferdes in Gemeinschaft mit dem äußeren Augenmuskelnerven (N. abducens). Er kann sich selbst in den äußeren Augenmuskel verbreiten. Es kommt auch varietätenweise in dem Menschen vor, daß sich Zweige der gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven in den äußeren und den oberen schiefen Augenmuskel (Rectus externus und Obliquus superior) zugleich verfolgen lassen.

Entfernt man das Dach der Augenhöhle in frisch getödteten Haus- 4278
säugethieren, so überzeugt man sich mit Leichtigkeit, daß der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv den Aufheber des oberen Augenlides, den oberen, den inneren und den unteren geraden, den unteren schiefen Augenmuskel und den Zurückzieher des Augapfels beherrscht. Es erzeugen sich bisweilen so kräftige Zuckungen, daß sich das Auge der Hunde und der Katzen merklich nach oben oder nach innen, seltener nach unten wendet. Volkmann[1]) sah überdies, daß sich auch der äußere gerade und der obere schiefe Augenmuskel der Katze, des Schaafes und des Kalbes verkürzten.

Es kommt in dem Menschen, vorzüglich in Frauen häufig vor, daß das obere Augenlid wie ein Vorhang unbeweglich vor dem Augapfel herabhängt und nur mit Hilfe des Fingers emporgehoben zu werden vermag. Dieser Zustand, den man mit dem Namen der Ptosis bezeichnet und dem eine Lähmung des Hebers des oberen Augenlides zum Grunde zu liegen pflegt, rührt in der Regel von einer Unthätigkeit der entsprechenden Zweige des oberen Astes des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven her. Die Kranken sind dessenungeachtet im Stande, die Augenlider zu schließen, weil diese Bewegungsweise von dem Kreismuskel der Augendeckel (Orbicularis palpebrarum) und dem Antlitznerven (N. facialis) abhängt. Die übrigen Augenmuskeln können trotz einer vorhandenen Ptosis regelrecht wirken. Sie verbindet sich aber häufig mit anderen, wesentlichen Leiden der Gesichtswerkzeuge, vorzugsweise mit einer beträchtlichen Schwäche des Sehvermögens und mit der Auffassung von Doppelbildern.

Sind die Zweige, die sich zu dem inneren geraden Augenmuskel begeben, gelähmt, so schielt häufig das Auge nach außen. Eine übermäßige Thätigkeit jener Nervengebilde wird umgekehrt den Augapfel zu sehr nach innen ziehen. Verletzungen, die mit Blutaustritt an der Grundfläche des Schädels verknüpft sind, Geschwülste und andere Entartungen können für beide Fälle Belege liefern. Wir werden in der Folge sehen, daß auch die halbseitigen Lähmungen, welche Schlaganfällen nachfolgen, ähnliche Verrückungen der Sehachse herbeizuführen im Stande sind.

Vergleicht man die Schilderung, welche Ruete[2]) von der Lähmung des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven entwirft, so ergiebt sich, daß hiernach der äußere gerade und der obere schiefe Augenmuskel des Menschen von jenem Nervenstamme nicht beherrscht

---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 478.

[2]) C. G. T. Ruete, Klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und der Ohren. Erstes Heft. Braunschweig 1843. 8. S. 241 — 249.

zu werden scheinen. Der Kranke kann nur mit fremdartiger Hilfe das herabhängende obere Augenlid emporheben, er vermag dagegen die Augenlidspalte vollkommen zu schließen. Der Augapfel schielt nach außen. Will ihn der Mensch bewegen, so kann er ihn nur nach unten außen wälzen. Er führt ihn in dieser Richtung nicht gerade, sondern in einem Bogenabschnitte hin. Er kann aber diese Stellungsveränderung, die Ruete von der Thätigkeit des oberen schiefen Augenmuskels herleitet, wegen der verhältnißmäßigen Schwäche und der Gegenwirkung des äußeren geraden Augenmuskels nur für kurze Zeit beibehalten. Der Umfang des mäßig erweiterten Sehloches wechselt nicht mehr unter dem Einflusse eines lebhaften Lichtes. Es vergrößert sich dagegen, so wie man Belladonna in den Bindehautsack eingetropft hat. Der Mensch kann die Gegenstände deutlich erkennen. Sie erscheinen ihm nur bisweilen schwächer beleuchtet. Schiefsehen oder Doppeltsehen stellen sich leicht ein, so wie nur das eine Auge leidet, und eine abweichende Richtung in Verhältniß zu dem anderen einnimmt. Das Anpassungsvermögen leidet höchstens in untergeordnetem Grade.

Es gehört, wie es scheint, zu den Seltenheiten, daß der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv allein leidet. Man findet in der Regel ein oder das andere Zeichen, das auf eine Störung der Wirksamkeit des Sehnerven, des dreigetheilten Nerven oder anderer nervöser Gebilde hindeutet, neben den erwähnten Krankheitsmerkmalen. Es kann daher Gesichtsschwäche, verminderte Thränenabsonderung, Mangel der Empfindlichkeit der Bindehaut u. dgl. hinzutreten. Es ereignet sich auch umgekehrt, daß die Unbeweglichkeit des oberen Augenlides mit oder ohne die Erweiterung des Sehloches vorhanden ist, während das Schielen nach außen mangelt [1]). Die beträchtliche Vergrößerung der Pupille kann auch Lichtscheu hervorrufen.

4279 Schneidet man den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven eines lebenden Kaninchens mit dem Neurotom durch, so zieht sich das Sehloch des entsprechenden und nicht selten des entgegengesetzten Auges in hohem Grade zusammen. Es erreicht hierbei bisweilen die Kleinheit eines Stecknadelknopfes, erweitert sich aber später nach und nach und bleibt in diesem Zustande unbeweglich, wenn selbst ein starker Lichtstrahl in das Innere des Auges geleitet wird. Die anhaltende Erweiterung erreicht übrigens nicht den höchsten Grad, dessen die Pupille fähig ist. Brachet [2]) giebt an, daß er ähnliche Folgen nach der Ausrottung des Augenknotens in lebenden Hunden wahrgenommen habe.

4280 Hat man den Stamm des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven in einer lebenden Taube durchschnitten, so ruft die Reizung des centralen Endes jenes Nervenstammes oder der Anspruch des Sehnerven keine Pupillenveränderung an derselben Seite hervor. Sie kann dagegen an dem Auge der entgegengesetzten Körperhälfte in günstigen Fällen beobachtet werden [3]). Drückt man den peripherischen Abschnitt des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven zusammen, so verengert sich das Sehloch sehr rasch. Frisch getödtete Tauben können das gleiche Ergebniß liefern.

4281 Die Versuche, die man an den Säugethieren anstellt, versagen nicht selten in dieser Beziehung. Die einfachen Muskelfasern der Regenbogenhaut dieser Geschöpfe wirken nur sehr langsam (§. 2423). Da sich aber

---

[1]) Vergl. z. B. F. J. Stiebel, Paralyseos haemorrhagicae N. oculomotorii in infante observatus casus rarissimus. Francofurti 1847. 8. pag. 35.

[2]) J. L. Brachet, Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire et sur leur application à la pathologie. Seconde Edition. Paris 1837. 8. pag. 419 — 22.

[3]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 384.

häufig die Größe der Pupille kürzere oder längere Zeit nach dem Tode von selbst ändert, so sind hier Täuschungen leicht möglich. Es ereignet sich bisweilen, daß sich die Pupille von Hunden, Katzen, Pferden, Kaninchen oder Tauben verengert, so wie man den Stamm des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven drückt oder die Weichgebilde in der Gegend, in welcher der Augenknoten liegt, ausschneidet [1]). Ließ Ed. Weber [2]) den Rotationsapparat auf den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven von Kaninchen einwirken, so bemerkte er, daß sich das Sehloch allmählig erweiterte und nach dem Aufhören des Reizes eine Zeit lang in diesem Zustande verharrte. Sehr entscheidende Ergebnisse lieferte mir in dieser Hinsicht ein 3 bis 4 wöchentliches Albino-Kaninchen. Legte ich die Dräthe des Magnetelektromotors an den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, da wo er an der Schädelgrundfläche nach der Entfernung des Gehirns frei lag, so erweiterte sich die Pupille so rasch, daß man die Verschmälerung der Regenbogenhaut mit freiem Auge deutlich zu verfolgen im Stande war. Diese Wirkung beschränkte sich nur auf das Gesichtswerkzeug der gleichen Seite. Man konnte aber den Versuch mit dem gleichen Erfolge ungefähr 6 bis 8 Mal wiederholen. Hatte die Wirkung des Magnetelektromotors aufgehört, so kehrte die Pupille binnen Kurzem zu ihrer früheren Kleinheit zurück. Legte man die Elektroden an das Auge selbst an, so erhielt man ähnliche Wirkungen. Brachte man sie dagegen an den äußeren Augenmuskelnerven, so erweiterte sich das Sehloch im Anfange in merklich geringerem Grade und langsamer, als unter dem Einflusse des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven. Dieser behauptete auch seinen Einfluß für einen beträchtlicheren Zeitraum, als der sechste Hirnnerv.

IV. Rollmuskelnerv (N. patheticus s. trochlearis) (Fig. 344 *r*). 4282
Oeffnet man die Augenhöhle von frisch getödteten Hunden, Katzen und Kaninchen, legt den Rollmuskelnerven in der Schädelhöhle bloß und drückt diesen mit der Pincette zusammen, so verkürzt sich nur der obere schiefe Augenmuskel (Obliquus superior). Ließ Longet [3]) einen galvanischen Strom auf den Nervenstamm der einen Seite einwirken, so schien sich die Hornhaut nach oben und außen zu wenden. Galvanisirte er die beiden Rollmuskelnerven gleichzeitig, so stellte sich ein merkliches Schielen nach außen ein. Die Hornhaut verrückte sich dabei in geringem Grade nach oben und außen.

Es läßt sich schwer entscheiden, ob der Rollmuskelnerve nur bewe- 4283
gende Fasern enthält oder nicht. Durchschnitt ihn Magendie [4]) nach Entfernung des großen Gehirns in einem lebenden Kaninchen, so gab das Thier keine Aeußerungen des Schmerzes von sich. Versucht man den Nerven bei unverletzter Schädelhöhle mit dem Neurotom zu trennen, so

[1]) De functionibus nervorum p. 18. Radcliffe Hall in the Edinburgh medical and Surgical Journal 1846. pag. 364. 66. 70. 78. Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. S. 418.
[2]) Ed. Weber, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. Braunschweig 1846. 8. S. 32.
[3]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 397.
[4]) Magendie, a. a. O. S. 233.

ereignet es sich bisweilen, daß die Thiere laut aufschreien. Dieses Zeichen ist aber gerade deshalb verdächtig, weil die lebhaften Schmerzensäußerungen in keinem Verhältnisse zu dem kleinen und unzweifelhaft größtentheils motorischen Nervenstamme zu stehen pflegen. Man muß daher vermuthen, daß dann immer der benachbarte dreigetheilte Nerv gleichzeitig gezerrt wird.

Der Gedanke, daß die beiden schiefen Augenmuskeln den Augapfel radförmig drehen und daß auf diese Weise das Doppeltsehen bei den Neigungen des Kopfes vermieden werde (§. 3304), hat sich auch für die krankhaften Verhältnisse des Rollmuskelnerven geltend gemacht. Man schloß nämlich, daß eine Lähmung dieses Nerven an einer Seite vorhanden sei, weil sich die Zeichen des Doppeltsehens und des sogenannten Radschielens einfanden [1]). Die Bemerkungen und Zweifel, die schon in dieser Beziehung Bd. II. Abth. II. S. 42 angeführt worden, machen es aber jedenfalls wünschenswerth, daß die Krankheitsbeobachtungen und die Ergebnisse der Leichenöffnung diesen Gegenstand sicherer feststellen mögen.

4284 Dreigetheilter Nerv (N. trigeminus) (Fig. 344 *s.*). — Kein Schädelnerv eignet sich so sehr für die Anwendung des Neurotoms, als der dreigetheilte Nerv. Man kann ihn in Kaninchen, in Meerschweinchen, in jungen Hunden oder Katzen völlig durchschneiden, ohne daß immer das Leben des Thieres unmittelbar gefährdet wird. Da es in glücklichen Fällen längere Zeit fortdauert, so hat man auf diese Weise die Gelegenheit, eine Reihe von Erscheinungen, welche auch die Krankheitsbeobachtungen für den Menschen bestätigen, künstlich hervorzurufen.

4285 Oeffnet man den Schädel eines Kaninchens, hebt die Großhirnhemisphären empor und trennt den Stamm des dreigetheilten Nerven, so schreit das Thier in demselben Augenblicke laut auf [2]). Hat man selbst den oberen Theil der Halbkugeln des großen Gehirns oder sogar noch die Streifenhügel oder die Sehhügel abgetragen, so hören die Klagetöne keineswegs auf.

4286 Versucht man den Nerven bei unverletzter Schädelhöhle mit dem Neurotom in dem Kaninchen anzugreifen, so verhält sich das Thier vollkommen ruhig, so lange das Messer an der Grundfläche des Schädels dahingleitet. Berührt man dagegen die Hirnhautfalte, durch welche der dreigetheilte Nerv hindurchgeht, drückt oder durchschneidet man diesen, so kommen die gellendsten und anhaltendsten Töne zum Vorschein. Es ist mir nie begegnet, daß Kaninchen so heftig schrieen, als ich irgend einen anderen Hirnnerven verletzte. Ist der Nerv vollkommen durchschnitten worden und haben keine Nebenverletzungen den Versuch gestört, so beruhigt sich das Thier nach einiger Zeit. Das Schreien kehrte auch nicht in der Folge in den von mir angestellten Beobachtungen von selbst wieder. Es ereignet sich bisweilen, daß das Winseln des Kaninchens fortdauert, wenn selbst das Neurotom aus dem Schädel entfernt worden. Man findet aber

---

[1]) Szokalski u. Sichel, bei Longet, a. a. O. Tome II. pag. 398 — 400.

[2]) Vergl. z. B. D. F. Eschricht: De functionibus nervorum faciei et olfactus organi. Hafniae 1825. 8. p. 42 — 49.

dann später, daß der Nervenstamm nur gedrückt oder unvollständig durchschnitten, daß ein Hirntheil verletzt oder eine starke Blutung angeregt worden ist.

Hat man die nöthige Uebung erlangt, so gelingt die Durchschneidung des dreigetheilten Nerven bei ungeöffnetem Schädel ziemlich leicht. Man ist jedoch immer der Gefahr einer störenden Blutung ausgesetzt. Man stellt das Messer des Neurotoms wagerecht, sticht es vor dem Ohre ungefähr in der Ebene der halben Höhe der Augenhöhle durch die Haut und die Knochenmasse durch, dreht es so, daß das Messer nach unten sieht und dringt an der Schädelgrundfläche vor, bis man die Durchgangsfalte, welche die harte Hirnhaut für den dreigetheilten Nerven bildet, fühlt. Man hebt jetzt die Spitze des Instrumentes, schiebt sie etwas nach innen und trennt hierauf den dreigetheilten Nerven mit einigen kräftigen Zügen durch. Hält man sich etwas weiter nach vorn, so trifft man bisweilen nur vorzugsweise den ersten Ast des dreigetheilten Nerven.

Man verletzt hierbei nicht selten die Hirncarotis, so daß eine tödtliche Blutung den Versuch unbrauchbar macht. Es treten dann die Zeichen, die schon bei Gelegenheit des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven angeführt worden sind (S. 366), hervor. Magendie [1]) beseitigte sie dadurch, daß er die Schädelhöhle öffnete, die Halbkugeln des großen Gehirns emporhob und den Bluterguß so sehr als möglich zu entfernen suchte.

Es ereignet sich bisweilen, daß die benachbarten Hirntheile, z. B. der entsprechende Großhirnschenkel oder die Brücke verletzt werden. Diese Verwundungen pflegen sich dadurch zu verrathen, daß sich das Thier im Kreise dreht oder daß es hinfällt und sich dann um seine Längenachse wälzt. Ich habe nur den zuerst genannten Fall hin und wieder wahrgenommen. Longet [2]) führt noch an, daß er bisweilen das Felsenbein junger Kaninchen durch den zu starken Druck des Instrumentes gesprengt und auf diese Weise den Antlitznerven nebst dem Gehörnerven zerrissen oder zerdrückt habe. Dieser Uebelstand ist mir in keinem meiner Versuche vorgekommen.

Hat man den dreigetheilten Nerven eines Kaninchens größtentheils 4287
oder gänzlich durchschnitten, so verkleinert sich das Sehloch des Auges der entsprechenden Seite in beträchtlichem Grade. Sein Umfang erreicht binnen Kurzem die Größe eines Stecknadelknopfes. Die Schwankungen der Pupille des gesunden Auges oder der Lichtwechsel, der das kranke trifft, heben jene Verengerung des Sehloches nicht auf. Haben sich später Trübungen der Hornhaut und Ausschwitzungen an der Regenbogenhaut und in der vorderen Augenkammer gebildet, so kann man in geeigneten Fällen bemerken, daß die Pupille einen auffallend geringen Umfang darbietet. Ich sah diesen bis zum Tode des Thieres fortdauern.

Die Erfahrungen von Magendie stimmen mit der eben erwähnten, nach eigener Anschauung entworfenen Darstellung überein. Longet [3]) giebt dagegen an, daß die Verkleinerung der Pupille später aufhört. Sie erweitert sich nach Schiff [4]) in Kaninchen einige Zeit nach der Nervendurchschneidung, verengert sich aber von Neuem, so wie die Ernährungsstörungen des Auges auftreten. Frösche und Kröten dagegen bieten eine bleibende Umfangsverminderung des Sehloches nach jenem Forscher dar.

Wir werden in der Folge finden, daß ähnliche Erscheinungen wie im 4288
Kaninchen, auch in Menschen, deren dreigetheilter Nerv gelähmt ist, in einzelnen Fällen wiederkehren. Das Sehloch von Hunden und von Katzen

[1]) Eschricht, a. a. O. p. 40.
[2]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 159.
[3]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 161.
[4]) Schiff, in F. de Meyer, Diss. sistens paralyseos Nervi trigemini casum. Francofurti ad Moenum. 1847. 8. pag. 16. 17.

dagegen erweitert sich unter den gleichen Verhältnissen in auffallendem Maaße. Die Regenbogenhaut bildet dann häufig einen schmalen Saum, der nur wenig vor dem Begrenzungsrande der Hornhaut hervortritt.

4289 Ist der dreigetheilte Nerv mit Erfolg durchschnitten worden, so hat das Thier sein Gefühl an der Oberfläche des Augapfels, dem größten Theile des Gesichtes, in dem Innern der Nasenhöhle, an der entsprechenden Zungenhälfte, in den Zähnen der gleichen Seite vollkommen verloren. Man kann diese Gebilde, wie man will, reizen oder zerstören, die Haare ausreißen, die Zähne beschädigen, ohne daß das Kaninchen das geringste Schmerzenszeichen von sich giebt. Es bedient sich nur der Barthaare der gesunden Seite zum Tasten. Die Bewegungswerkzeuge dagegen erleiden keine sogleich in die Augen fallenden Störungen. Es ereignet sich zwar, daß der Unterkiefer schief zu stehen oder schlaffer herabzuhängen scheint und daß das Thier die kranke Seite nicht mehr zum Kauen gebraucht. Diese Merkmale drängen sich aber nicht in den Vordergrund und verrathen sich sogar in der Regel in so zweideutiger Weise, daß man sie nicht als unzweifelhafte Kennzeichen zu betrachten im Stande ist. Hunde lassen bisweilen die Zunge vorfallen, verlieren Speisen aus dem Munde und kauen unvollkommener. Die Ernährungsstörungen, welche in Folge dieses Eingriffes eintreten, werden uns später ausführlicher beschäftigen.

4290 Hatte Magendie[1]) beide dreigetheilte Nerven in dem Kaninchen durchschnitten, so stieß das Thier mit dem Vordertheile des Kopfes gegen mechanische Widerstände, ohne sie deutlich zu bemerken. Es rieb die Haut dieser Gegend so lange an ihnen, bis sie wund wurde. Es klopfte häufig gegen den Boden mit dem Vorderende des Kinnes, wie ein Blinder mit seinem Leitstocke. Es soll überdies einen eigenthümlichen schwankenden Gang dargeboten haben.

4291 Entfernt man das ganze Gehirn eines frisch getödteten Säugethieres und reizt hierauf die größere Ursprungsabtheilung des dreigetheilten Nerven, so bemerkt man keine Bewegungen am Auge, im Gesichte, der Zunge, dem Halse und überhaupt an allen mit rothen Muskelfasern versehenen Theilen, die von den Zweigen des dreigetheilten Nerven durchsetzt werden. Wendet man sich dagegen an die kleinere Wurzelabtheilung, so erzittern die Kaumuskeln (Temporalis, Masseter und Pterygoidei), der Kieferzungenbeinmuskel (Mylohyoideus), der zweibäuchige Muskel des Unterkiefers (Digastricus maxillae inferioris) und nach Hein[2]) der Gaumenspanner (Tensor veli palatini). Der Backenmuskel (Buccinatorius) dagegen bot diese Erscheinung in den bis jetzt angestellten Versuchen nicht dar. Diese Thatsachen beweisen, daß nur die kleinere, nicht aber die größere Wurzelabtheilung des dreigetheilten Nerven Fasern, unter deren Einflusse sich größere rothe Muskeln verkürzen, einschließt.

4292 Man hat häufig den dreigetheilten Nerven mit einem Rückenmarksnerven von anatomischem Standpunkte aus verglichen. Die größere Ur-

[1]) Magendie, a. a. O. S. 248. 49.
[2]) Hein, in Müller's Archiv. 1844. S. 325.

sprungsabtheilung würde hiernach einer hinteren und die kleinere einer vorderen Rückenmarkswurzel entsprechen. Jene müßte demgemäß rein sensibel und diese nur motorisch sein. So viel Wahrscheinlichkeit auch diese Auffassungsweise besitzt, so muß doch bemerkt werden, daß die völlige Unempfindlichkeit der kleineren Portion des dreigetheilten Nerven auf physiologischem Wege nicht nachgewiesen ist und wahrscheinlich nie wird dargethan werden können. Da sich Zweige der größeren Abtheilung des dreigetheilten Nerven zur Thränendrüse und zu anderen kleineren Drüsengebilden der Bindehaut des Auges, der Nasenschleimhaut und dergleichen begeben, so frägt es sich, ob sie nicht bewegende Fasern für diese Art von Körpertheilen einschließt.

Der dreigetheilte Nerv gewinnt dadurch eine große Bedeutung, daß 4293
er nicht bloß die Tastempfindlichkeit der Gesichtshaut, sondern auch die der vier höheren Sinneswerkzeuge vorzugsweise beherrscht. Die inneren Theile des Auges und besonders die Regenbogenhaut, die Thränendrüse, die Thränencarunkel und der Thränensack werden von dem ersten, der Thränengang von dem zweiten, die Bindehaut und die Augendeckel von den beiden ersten Zweigen des dreigetheilten Nerven versorgt. Während auch wahrscheinlich Fäden desselben zu den Schleimhäuten des inneren Gehörganges gelangen, lassen sich Reiser des dritten Astes an das Trommelfell, zu dem Gehörgange und dem äußeren Ohre verfolgen. Die Schleimhaut der Nasenhöhle empfängt zahlreiche Zweige von den beiden ersten Aesten, die der Stirnhöhlen von dem ersten, die der Kieferhöhlen, der Eustachischen Trompeten und der Nachbarschaft derselben von dem zweiten und die der Siebbeinzellen von dem ersten und dem zweiten Hauptaste. Die Zunge, die Mandeln, der weiche Gaumen, das Zäpfchen und der obere Theil des Schlundes bekommen vorzugsweise Zweige von dem zweiten und dem dritten Aste. Der harte Gaumen wird von dem zweiten und nur in sehr untergeordneter Weise von den übrigen Theilen des dreigetheilten Nerven versorgt. Der zweite Ast versieht noch die Zähne und das Zahnfleisch der oberen und der dritte die ähnlichen Gebilde der unteren Kinnlade. Der hinterste Theil von dieser kann aber auch einzelne Fäden von dem Oberkieferaste aufnehmen.

Die Zähne des Unterkiefers werden durchgehends von dem dritten Aste und zwar vor Allem von dem Kinnladenzweige desselben beherrscht. Was die Oberkieferzähne des Menschen betrifft, so versorgt in der Regel der Nasenast des vorderen Zahnnerven den inneren und zum Theil oder gänzlich den äußeren Schneidezahn, das vordere Oberkiefergeflecht den Eckzahn und den ersten Backzahn, das hintere den zweiten Backzahn und die Oberkieferschlinge oder die hinteren oberen Zahnnerven die übrigen Backzähne.

Die Empfindlichkeit des größten Theiles der Gesichtshaut hängt von 4294
den Verzweigungen des dreigetheilten Nerven ab. Die Stirn mit den Augenbrauen, die Augenlider, die Nasenwurzel, die Nasenflügel und der untere Theil der Schläfe werden von dem ersten, die Augenlider, die Haut der Wange, die Oberlippe und der größte Theil der Nase von dem zweiten, die Schläfe, eine beträchtliche Ausdehnung des äußeren Ohres,

des Gehörganges, des Unterkieferwinkels, die Unterlippe, der Mundwinkel und das Kinn von dem dritten Aste beherrscht.

Versuchen wir die Verbreitungsbezirke der einzelnen untergeordneten Zweige des dreigetheilten Nerven übersichtlich darzulegen, so haben wir:

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
I. Augenast (R. ophthalmicus).						Plexus cavernosus. (N. trochlearis.)
	Nasenblendungszweig. (N. nasociliaris.)			(Obliquus oculi superior?)		N. abducens. R. superior N. oculomotorii. Nerven der Augenschlagader.
		Lange Wurzel des Augenknotens. (Radix longa Ganglii ciliaris.)	Regenbogenhaut u. andere innere Theile d. Auges. (Harte Haut des Auges?)			R. R. ciliares longi. (R. inferior N. oculomotorii.)
		Lange Blendungsnerven. (R. R. ciliares longi.)	Innere Theile des Auges. (Scheide des Sehnerven?)			(R. R. ciliares breves.)
		Nasenzweig. (R. ethmoidalis.)	(Schleimhäute der Stirnhöhle u. der Siebbeinzellen). Schleimhaut der Scheidewand, der Seitentheile der inneren Nase u. aller Muscheln. Aeußere Haut zwischen dem inneren Augenwinkel und der Nasenwurzel, Haut des Nasenrückens, des Nasenflügels u. des Randes d. Nasenloches.		Ethmoidalschlagader.	Zweige des R. infraorbitalis des N. facialis.
		Unterrollnerv. (R. infratrochlearis.)	Schleimhaut der Stirnhöhle (u. der Siebbeinzellen). (Bindehaut.) Haut auf dem Kreismuskel des Auges, an dem inneren Augenwinkel, dem untersten Theil d. Stirn,		Augen-, Stirn- u. untere Augenlidschlagader. Thränencarunkel. Thränensack.	(R. ethmoidalis). N. supratrochlearis (N. frontalis.) (N. facialis.) (N. infraorbitalis.)

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
			der Glatze, d. Haut an dem Thränensacke, der oberen Nasengegend u. der Augenlider.			
	Stirnnerv (N. frontalis).					(R. infratrochlearis)
		Oberrollnerv. (R. supratrochlearis)	(Schleimhaut der Stirnhöhle.) (Bindehaut.) Haut an dem unteren Theile der Mitte der Stirn. Antheil an dem Unterrollnerven.		(Fasergebilde der Augenhöhle?)	(R. infratrochlearis.) R. supraorbitalis.
		Oberaugenhöhlennerv. (R. supraorbitalis s. frontalis s. str.	Oberes Augenlid. Haut über dem Kreismuskel d. Auges, an den Augenbrauen, der Stirn u. dem Vordertheile des Scheitels.		Stirnschlagader.	R. supratrochlearis N. facialis.
	Thränennerv (N lacrymalis.)		Bindehaut, vorzüglich ie äußere Hälfte derselben. (Regenbogenhaut u. andere innere Theile d. Auges.) Haut an dem äußeren Augenwinkel bis zur Schläfe hinüber (u. nach der Nase hin).		Thränendrüse. Beinhaut und andere Weichgebilde der Augenhöhle.	(Ganglion ciliare. Radix longa G. ciliaris. N. frontalis. R. subcutaneus malae. N. infraorbitalis. N. temporalis superficialis. N. facialis.
II. Oberkieferast (R maxillaris superior.)						(R. maxillaris inferior). (Plexus cavernosus.)
	Wangenhautnerv (N. subcutaneus malae.)		Haut an dem äußeren Theile der Stirn, der unteren der Schläfe u. der Wange über dem Jochbeine.			R. lacrymalis. R. supraorbitalis. R. temporalis superficialis. N. facialis. R. infraorbitalis.

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
	Gaumen-Keilbeinknoten. (Plexus et Ganglion sphenopalatinum.)				Antheil an dem Geflechte um den Sehnerven. Beinhaut und andere Weichgebilde der Augenhöhle. Gaumen-Keilbeinschlagader	N. abducens (Augenknoten).
		Aeußerer rücklaufender Nerv. (R. recurrens externus.)	Schleimhaut des Keilbeinsinus.			R maxillaris inferior.
		Innerer rücklaufender Nerv. (R. recurrens internus. s. Vidianus.)	Schleimhaut d. hinteren u. oberen Siebbeinzellen, der hinteren oberen u. unteren Gegend der Nasenscheidewand, der Eustachischen Trompete u des hintersten u. oberst. Theiles des Schlundes.		Vidische Schlagader. Benachbarte Knochenmassen.	N. facialis. Plexus caroticus. (Ganglion oticum.)
		Vordere obere Nasenzweige. (R.R. nasales anteriores superiores.)	Schleimhaut d. Hintertheiles der beiden oberen Muscheln, des oberen Nasenganges, der Mitte der Nasenscheidewand u. d. Siebbeinzellen.			(N. vidianus.)
		Hintere obere Nasenzweige. (R.R. nasales superiores posteriores.)	Mittlere Muschel. Mittelgegend d. Nasenscheidewand. Schleimhaut in der Nähe der Rachenmündung der Eustachischen Trompete.			
		Nasenscheidewandzweig. (R. nasopalatinus Scarpae.)	Nasenschleimhaut, vorzüglich des mittleren u. des unteren Theiles der Scheidewand. Warzenartiges Organ hinter den oberen Schneidezähnen u. benachbarte Gaumenhaut.		Gleichnamige Schlagader.	N. N. nasales superiores und inferiores. R. alveolaris anterior. R. R. palatini.

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		(Gaumenzweige. (R. R. palatini)	Untere Muschel. Schleimhaut des mittleren u. unteren Nasenganges. Weicher Gaumen und Zäpfchen. Zahnfleisch der oberen Kinnbacke u. Haut d. harten Gaumens.	Levator palati mollis?	Aeste der Gaumen-Keilbeinschlagader.	(N. vidianus) (R. ethmoidalis?) R. nasopalatinus Scarpae.
		Hintere obere Zahnnerven. (R. R. dentales superiores posteriores)	Schleimhaut der Oberkieferhöhle. Zahnfleisch der Backzähne.	Buccinatorius? (Pterygoideus externus??)	Entsprechende Schlagader und Knochenmasse des Oberkiefers. Backzähne.	R. palatini. Geflecht der inneren Kieferschlagader.
		Vordere ober. Zahnnerven. (R. R. dentales superiores anteriores.)	Schleimhaut des Vordertheiles des Bodens der Nasenhöhle u. der Oberkieferhöhle. Vordergegend d. harten Gaumenhaut. Thränen-Nasengang. (Schleimhaut einzelner Stellen der Nase u. des harten Gaumens.) Zahnfleisch. Aeußere Haut an dem Heber des Mundwinkels u. in der Gegend des Backenmuskels.		Die beiden oberen Schneidezähne u. der Eckzahn. Knochenmasse des Oberkiefer. Entsprechende Schlagadern.	N. infraorbitalis.
	Unteraugenhöhlennerv. (N. infraorbitalis)		Haut zwischen dem Auge u. der Oberlippe.		Entsprechende Schlagader.	N. facialis.
		Untere Augenlidnerven. (R. R. palpebrales inferiores.)	Augenlider, vorzüglich das untere. Haut der benachbarten Theile der Nase, der Wange und der Stirn.		Entsprechende Blutgefäße	N. facialis. (N. subcutaneus malae.) N. N. nasales superficiales.
		Oberflächliche Nasenzweige. (R. R. nasales superficiales.)	Rücken- u. Seitenfläche der äußeren Haut der Nase nebst der angrenzenden Wangenhaut (Haut der Oberlippe). Ränder des Nasenloches.		desgl. Ausführungsgänge der Ohrspeicheldrüse.	N. facialis. N. subcutaneus malae. N. N. palpebrales u. labiales (N. ethmoidalis.)

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		Obere Lippenzweige. (R.R.labiales superiores.)	Haut der Wange, des Nasenflügels (u. der Innenfläche desselben?) Filtrum, Außen- u. Innenfläche der Oberlippe bis zu dem Zahnfleische hin. Haut d. Mundwinkels u. der Wange bis zu dem Jochbeine u. dem Unterkiefer.		desgl.	N. facialis. R. R. nasales superficiales. N. mentalis.
III. Unterkieferast (R. maxillaris inferior.)	Ohrknoten (Ganglion oticum).		(Antheil an den Verzweigungen des oberflächlichen Schläfennerven.)	Tensor tympani (Pterygoideus internus) (Tensor veli palatini.)	Benachbarte Schlagadern.	N. facialis. Nerven der benachbarten Schlagadern. R. temporalis superficialis. (N. glossopharyngeus.)
	Innerer Flügelmuskelzweig. (R. pterygoideus internus.)			Pterygoideus internus. Tensor tympani. Tensor veli palatini. (Circumflexus palati.)		
	Backennerv. (N. buccinatorius.)		Haut der Außen- u. der Innenfläche der Wange und der Nachbarschaft?	Temporalis. Pterygoidei externus und z. Theil internus.	Entsprechende Gefäße. Steno'scher Gang.	N. facialis. (N. infraorbitalis.)
	Tiefere Schläfennerven. (N. N. temporales profundi.)			Temporalis.	(Knochensubstanz d. Keilbeines?)	
	Kiefermuskelnerv. (N. massetericus.)			Masseter u. Temporalis.	Fasergebilde des Kiefergelenkes.	(N. N. temporales profundi.) N. facialis.
	Oberflächlich. Schläfenzweig. (R. tempo-		Haut vor dem Kiefergelenk, der Ohrspeicheldrüse, des Ohres, der Schläfen-		Benachbarte Blutgefäße. Faserbilde	(N. massetericus.) N. N. temporales

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk der Nerven.			
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	Empfindliche Hautfläche.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
	ralis superficialis s. auricularis anterior.)		gegend u. des äußeren Gehörganges (Trommelfell).		des Kiefergelenkes. Ohrspeicheldrüse.	profundi. N. facialis. N. N. occipitales. N. infraorbitalis. Chorda tympani.
	Zungennerv. (R. lingualis. N. trigemini.)		Gesammtoberfläche der Zunge. Schleimhaut vor dem Kieferschlundkopfmuskel, dem senkrechten und dem wagerechten Aste d. Unterkiefers.	(Pterygoideus internus??) (Tensor veli palatini??)	Mandel. Unterkiefer- u. Unterzungendrüse und Ausführungsgänge derselben. (Mundhöhlendrüsen.)	Chorda tympani. N. N. hypoglossus u. glossopharyngeus.
	Unterkiefernerv. (N. mandibularis. s. maxillaris inferior s. str.		Zahnfleisch des Unterkiefers. Außen- u. Innenfläche der Unterlippe u. Haut des Kinnes.	Pterygoidei externus u. internus. Mylohyoideus u. vorder. Bauch des Digastricus. (Transversus menti??)	Entsprechende Blutgefäße Zähne des Unterkiefers.	N. facialis. N. infraorbitalis. Halshautnerven.

Betrachten wir den motorischen Bezirk des dreigetheilten Nerven, so kann er von Neuem erhärten, daß ein und derselbe Hauptstamm Muskeln, die einander entgegenarbeiten, zu versorgen vermag. Während die Kaumuskeln den Unterkiefer emporheben, ziehen ihn der zweibäuchige und der Kieferzungenbeinmuskel herab, so wie das Zungenbein selbst festgestellt ist (§. 2839).

Es gehört zu den Seltenheiten, daß der ganze dreigetheilte Nerv eines Menschen und kein anderer Nervenstamm gelähmt wird. Fälle der Art verrathen sich durch ähnliche Zeichen, wie sie die glücklich vollführte Durchschneidung jenes Nerven in Säugethieren künstlich hervorruft (§. 4289). Es versteht sich nur von selbst, daß man die Empfindungsverhältnisse an dem Menschen genauer bestimmen kann. 4295

Magendie hatte früher die Ansicht aufgestellt, daß nicht bloß die Tastempfindlichkeit der drei höheren Sinneswerkzeuge, sondern auch die eigenthümliche Sinnesauffassung mit der Lähmung des dreigetheilten Nerven zu Grunde geht. Man kann sich schon an Thieren überzeugen, daß der Geruch und das Gehör fortdauern und das Sehen erst durch spätere Ernährungsstörungen des Auges aufgehoben wird. Menschen, die an Lähmungen des dreigetheilten Nerven leiden, beweisen noch deutlicher, daß das Riechen, das Hören

und das Schmecken unter diesen Verhältnissen möglich bleibt. Der dreigetheilte Nerv darf daher nicht als ein ursprüngliches Bedingungsglied der sensuellen Thätigkeiten angesehen werden.

Beschränkt sich die Lähmung auf den dreigetheilten Nerven der einen Seite, so treten auch die Krankheitszeichen nur an dieser Seitenhälfte hervor. Die Pupille ist in der Regel bedeutend verkleinert. Sie verharrt auch in diesem Zustande trotz der Einwirkung von Lichtreizen. Die Bindehaut erscheint gänzlich unempfindlich. Reibt man sie, so schmerzt dieser Eingriff den Kranken nicht. Es findet sich weder Thränenfluß, noch der unwillkührliche krampfhafte Schluß der Augenlider, wie unter den regelrechten Verhältnissen ein. Das Auge entzündet sich später. Es entsteht eine eiterige Absonderung an der Oberfläche des Bindehautsackes. Es bilden sich Ausschwitzungen im Innern, und das Gesichtswerkzeug geht hierdurch, wie wir bei der Betrachtung der Ernährungseinflüsse der Nerven ausführlicher sehen werden, zu Grunde. Die Nasenschleimhaut ist völlig unempfindlich. Kein mechanischer Reiz, der sie trifft, erzeugt Schmerz oder Niesen. Die Empfindlichkeit des äußeren Ohres und des äußeren Gehörganges wird nur theilweise, nicht aber gänzlich abgestumpft. Es läßt sich erwarten, daß auch die Thätigkeit des Trommelfellspanners leiden wird. Es mangeln jedoch noch in dieser Hinsicht die näheren bestätigenden Erfahrungen. Der Kranke hat die Tastfähigkeit der entsprechenden Zungenhälfte gänzlich verloren. Er fühlt hier nicht die Speisen, die er zu sich nimmt. Es können Bruchstücke von ihnen, ohne daß er es merkt, liegen bleiben. Er unterscheidet dagegen den bitteren Geschmack des Chinin, so wie sich die Lähmungserscheinungen auf keinen anderen Hirnnerven ausdehnen. Die Unempfindlichkeit kehrt endlich auch in den Zähnen, dem größten Theile des Zahnfleisches, der Innenfläche der Wangen und der Mundhöhle und der Haut des harten Gaumens wieder. Der weiche Gaumen und der Schlundkopf dagegen haben ihre Tastempfänglichkeit nicht gänzlich eingebüßt.

Die Haut der Stirn, des größten Theiles der Schläfe, der Gegend der Augenbrauen, der Augenlider, der Nase, der Wange und der Oberlippe können mit Nadeln durchstochen oder sonst verletzt werden, ohne daß Schmerzensgefühle hervortreten. Das äußere Ohr, die hintere Schläfengegend und die den Unterkiefer bedeckende Haut haben nur einen Theil ihrer Empfänglichkeit eingebüßt. Trinkt der Kranke, so glaubt er, daß ein Stück des Glases ausgebrochen sei (§. 4217). Thiere lassen häufig die Nahrungsmittel, die sie in den Mund genommen, fallen, und benehmen sich überhaupt bei dem Essen ungeschickter. Sie beißen sich häufig in den gefühllosen Theil der Zunge. Es können sich daher hier tiefer fressende Geschwüre erzeugen. Aehnliche Zeichen wiederholen sich wahrscheinlich hin und wieder im Menschen. Es fehlt hier das Gefühl des Stumpfwerdens in den Zähnen. Es treten bisweilen krankhafte subjective Temperaturgefühle in der Mundhöhle auf. Das Zahnfleisch blutet leicht. Es bilden sich Schorfe an den verletzten oder an den häufiger gedrückten Stellen der unempfindlichen Theile.

Da die Kaumuskeln gelähmt sind, so ist auch das Kauen an der entsprechenden Seite unmöglich geworden. Der Kiefer kann überdies schief nach der gesunden Seite hingezogen sein. Es läßt sich erwarten, daß auch das Emporziehen des Zungenbeines auf mehr Schwierigkeiten, als im regelrechten Zustande stoßen dürfte.

Die Muskeln, durch welche Zweige der größeren Wurzelabtheilung des dreigetheilten Nerven durchtreten, gehorchen noch vollkommen dem Willenseinflusse. Der Mensch ist im Stande, die Stirn zu runzeln, das obere Augenlid emporzuheben, die Augenlidspalte zu schließen, das Nasenloch zu erweitern, die Nase in die Höhe zu ziehen und zu rümpfen, den Mund gleichförmig zu öffnen und zu schließen, zu lachen und überhaupt die mimischen Bewegungen des Gesichts vorzunehmen, ohne daß sich eine auffallende Entstellung kund giebt. Er schielt nicht und leidet an keiner einseitigen Verzerrung der Lippen oder der Zunge.

Die Lähmungen, welche sich auf die einzelnen Aeste des dreigetheilten Nerven beschränken, kommen dem Arzte häufiger vor. Geschwülste und andere Störungen verursachen häufig heftige Schmerzen, die dem Verlaufe oder dem Endbezirke der Verbreitung jener Nervenstämme entsprechen [1]). Der Wundarzt verletzt bisweilen den einen oder den

---

[1]) Vergl. z. B. M. H. Romberg, Neuralgiae Nervi quinti specimen. Berolini 1840. 4. pag. 3 — 14.

anderen Zweig absichtlich oder unwillkührlich. Die Zeichen, welche in diesen Fällen hervortreten, lassen sich meistentheils von anatomisch-physiologischer Seite im Voraus bestimmen. Unterrichtet man sich durch das Einstechen einer Nadel von der Ausdehnung der unempfindlichen Bezirke, so kann man umgekehrt auf die leidenden Nervenzweige zurückschließen.

Ist der Stirnzweig des ersten Astes an seiner Austrittsstelle aus der Augenhöhle unthätig gemacht worden, so vermindert sich die Tastempfänglichkeit des oberen Augenlides und der Nachbarschaft desselben. Die Stirnhaut hat ihre Empfindlichkeit bis zum Scheitel hindurch gänzlich verloren. Gehen mehrere Stämme zu der Oberaugenhöhlenfurche heraus, so kann natürlich erst die Lähmung von allen jene Störungen vollständig herbeiführen. Die wahre Stirnneuralgie hängt von demselben Nervenstamme ab.

Frühere Wundärzte glauben bemerkt zu haben, daß Verletzungen des Stirnnerven nicht selten Blindheit nach sich ziehen. Man kann den nothwendigen Zusammenhang dieser beiden Erscheinungen von physiologischer Seite mit Recht bezweifeln. Schneidet man den Stirnast in Hunden oder Kaninchen durch, so bemerkt man keine Abnahme des Sehvermögens. Erblindete vielleicht hin und wieder ein Mensch unter ähnlichen Verhältnissen, so ist es denkbar, daß sich die Erschütterung oder die Nebenverletzungen, welche die Verwundung veranlaßte, oder die nachträglichen Folgen von dieser auf das Auge fortpflanzten. Ruete [1]) führt übrigens z. B. einen Fall an, in dem das Auge zwei Jahre lang völlig gesund blieb. Der Mensch wurde während dieser Zeit von den Varioloiden befallen. Die Blattern entwickelten sich an der gelähmten Stirnhaut in gleicher Weise, wie an dem übrigen Körper.

Ist der ganze Augenast des dreigetheilten Nerven unthätig geworden, so bleibt das Sehloch unter allen Verhältnissen verkleinert. Die schleimigte und eiterige Absonderung an der Bindehaut, Ausschwitzungen in der vorderen Augenkammer und im Auge überhaupt, die Trübung, die Geschwürsbildung und die Durchbohrung der Hornhaut, das Auslaufen des Auges und der Uebergang desselben in einen unförmlichen Stumpf können später nachfolgen. Die Bindehaut ist von vorn herein, wenigstens größtentheils, unempfindlich. Ihre Gefäße erweitern sich. Ihre Masse trübt sich bisweilen, so daß die Hornhaut im Anfange schon minder durchsichtig erscheint und die Kranken die Gegenstände wie durch einen Schleier wahrnehmen. Während die Tastempfänglichkeit der Thränencarunkel und der Stirnhaut so gut als gänzlich verloren gegangen, hat sich die der Nasenschleimhaut, der Stirn-, der Schläfen-, der Wangen- und der Nasenhaut nur theilweise vermindert.

Die Lähmung der Wangenhautnerven wird auf die Haut über dem Jochbeine und der Umgebung desselben wirken. Die Unthätigkeit der oberen Zahnnerven muß ihren Einfluß nicht bloß auf die Zähne und das Zahnfleisch der oberen Kinnlade, sondern auch auf die Knochenmasse derselben, die Schleimhäute der Oberkieferhöhle, der Nasenhöhle, des Gaumens und den Thränennasenkanal ausdehnen. Es ist möglich, daß sich eine geringe Abstumpfung des Gefühles der Haut über dem Mundwinkel und der benachbarten Nasengegend hinzugesellt.

Der Unteraugenhöhlenast veranlaßt in der Regel die sogenannten Gesichtsschmerzen, welche theils den Gebilden, in denen er endigt, entsprechen, theils auch längs seinen Verzweigungen dahin zu schießen scheinen. Die Lähmung jenes Nervenstammes raubt den größten Theil ihrer Empfindlichkeit der Haut der Augenlider und vorzüglich des unteren, der der Wange, der Nase und des Randes des Nasenloches. Die Tasteindrücke der äußeren und der inneren Fläche der Oberlippe gehen dem Bewußtsein gänzlich verloren.

Die Lähmung des gesammten zweiten Astes des dreigetheilten Nerven führt zu der Gesammtsumme der eben erläuterten Zeichen der Unthätigkeit der Wangenhaut-, der oberen Zahn- und der Unteraugenhöhlennerven. Sie hebt zugleich die Empfindlichkeit der Haut des harten Gaumens so gut als gänzlich auf, und setzt die der Schleimhäute der Nase größtentheils herab. Sie vermindert endlich die Sensibilität des weichen Gaumens und des obersten Theiles des Schlundes. Das Zahnfleisch der oberen Kinnlade lockert sich auf und blutet leicht.

Der oberflächliche Schläfennerv wirkt auf die Haut vor dem Kiefergelenke, dem

[1]) C. G. Th. Ruete, Beitrag zur Physiologie des Fiebers. Göttingen 1848. 8. S. 22.

oberen Theile der Ohrspeicheldrüse, auf die des Ohres und den äußeren Gehörgang und vorzugsweise auf die Hautbedeckungen der Schläfengegend. Keiner dieser Bezirke wird aber durch seinen Einfluß in seiner ganzen Ausdehnung vollständig gelähmt.

Ist der Zungenzweig des dreigetheilten Nerven zerstört worden, so verliert die entsprechende Hälfte der Zunge ihre Empfindlichkeit gänzlich. Es werden überdies die Mandeln und die Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle theilweise leiden. Eine krankhafte Reizung des Unterkieferastes kann Schmerzen in den Zähnen, dem Zahnfleische und der Knochenmasse der unteren Kinnlade hervorrufen. Der Kinnzweig beherrscht die beiden Oberflächen der Unterlippe. Die Kinnneuralgie rührt von seinem Einflusse her.

4296 VI. Aeußerer Augenmuskelnerv (N. abducens) (Fig. 344 *l*.). Er enthält wahrscheinlich nur bewegende Fasern. Man kann ihn wenigstens im Kaninchen durchschneiden, ohne daß das Thier irgend einen Widerstand leistet. Er verbreitet sich in der Regel in dem Menschen nur in den äußeren geraden Augenmuskel, versorgt aber auch in den Säugethieren den Zurückzieher des Augapfels. Reizt man ihn in der Leiche, so wendet sich das Auge nach außen. Ist er im Leben gelähmt, so schielt häufig der Mensch nach innen.

Man kann noch nicht mit Sicherheit angeben, wohin die Fasern, die aus dem äußeren Augenmuskelnerven in den ersten Ast oder den Nasen-Blendungszweig des dreigetheilten Nerven treten, verlaufen. Die letztere Verbindungsweise läßt aber vermuthen, daß sie vielleicht die Regenbogenhaut oder andere Nervengebilde des Auges versorgen. Der äußere Augenmuskelnerv kann sich noch in Ausnahmsfällen an dem Augenknoten unmittelbar betheiligen. Schielen nach außen verbindet sich häufig mit amaurotischen Augenleiden, Schielen nach innen dagegen mit anderen Störungen der Gesichtswerkzeuge, in denen die Netzhaut nicht unmittelbar oder wenigstens nicht ursprünglich betheiligt ist. Ueber den Einfluß dieses Nerven auf die Regenbogenhaut des Kaninchens s. §. 4281.

4297 VII. Antlitznerv (N. facialis) (Fig. 344 *u*). — Will man diesen Nerven in der Schädelhöhle durchschneiden, so hindert häufig die beträchtliche Blutung jeden sichern Erfolg des Versuches. Ich konnte daher auch in dieser Beziehung zu keinem befriedigenden Ergebnisse in dem Kaninchen gelangen. Hatte van Deen[1]) die eine Großhirnhemisphäre dieses Thieres entfernt und den dreigetheilten Nerven durchschnitten, so schien die Reizung des Antlitznerven noch Schmerz zu erregen. Ging dagegen Magendie[2]) mit einer Scheere in den sonst unversehrten Schädel ein und spaltete dann das Felsenbein, so verhielt sich das Kaninchen vollkommen ruhig, während der Antlitz- und Gehörnerv verletzt wurden. Hob ich das Gehirn in jungen Meerschweinchen empor und trennte die beiden genannten Nerven, so zeigten sich keine Schmerzensregungen. Wendet man sich dagegen an die Wurzeln des dreigetheilten oder des herumschweifenden Nerven, so schreit das Thier trotz der bedeutenden Verwundung und der heftigen Blutung laut auf. Der Antlitznerv führt daher jedenfalls ursprünglich keine irgend beträchtliche Menge von empfindenden Fasern. Man kann sogar mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß sie ihm gänzlich mangeln.

---

[1]) J. van Deen, De differentia et nexu inter nervos vitae animalis et vitae organicae. Lugd. Batav. 1834. 8. p. 42.

[2]) Magendie, a. a. O. S. 361.

Manche Forscher glaubten den Antlitznerven deshalb für gemischt ansehen zu müssen, weil er mit zwei Wurzeln entsprinat und in dieser Beziehung einem Rückenmarksnerven entspricht. Wäre der Vergleich völlig begründet, so dürfte nur eine der beiden Wurzeln bewegende Fasern enthalten. Man kann sich aber in frisch getödteten Säugethieren überzeugen, daß beide Wurzeltheile Muskelbewegungen anzuregen im Stande sind.

Nehmen wir auch an, daß der Antlitznerv ursprünglich keine empfin- 4298
denden Fasern einschließt, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß der Hauptstamm desselben, wenn er zu dem Griffelwarzenloche frei hervortritt, sensible und motorische Fasern zugleich enthält. Greift man ihn hier in dem Kaninchen an, so geben sich deutliche Schmerzenszeichen zu erkennen. Das Thier schreit aber nicht so heftig, als wenn man den Unteraugenhöhlennerven vom zweiten Aste des fünften Paares verletzt. Wird der Antlitznerv bei Operationen, die man am Menschen anstellt, z. B. bei der Ausrottung von Geschwülsten in der Gegend der Ohrspeicheldrüse, verletzt, so ereignet es sich, daß auch hier schmerzhafte Empfindungen zu Tage kommen. Es erklärt sich hieraus, wie ein Leiden, das den Antlitznerven nach dem Austritte aus dem Griffelloche trifft, keineswegs so schmerzlos zu sein braucht, als es sich nach der ursprünglich rein motorischen Natur des Antlitznerven erwarten ließe. Seine sensiblen Eigenschaften rühren aber nur von Fasern her, die zu ihm während seines Verlaufes, zum Theil von dem dreigetheilten Nerven hinzutreten.

Hat man den dreigetheilten Nerven in der Schädelhöhle des Kaninchens durchschnitten, so ereignet es sich bisweilen, daß die Empfindlichkeit des aus dem Griffelzitzenloche hervorgetretenen Stammes des Antlitznerven verloren gegangen zu sein scheint. Manche Thiere verrathen aber dessenungeachtet noch die Empfindlichkeit jenes Nervenstammes durch deutliche Gegenbewegungen. Diese Thatsache deutet darauf hin, daß die beigemischten empfindenden Fasern nicht ausschließlich von dem dreigetheilten Nerven herrühren.

Berücksichtigen wir den anatomischen Verlauf des Antlitznerven des Menschen, so können empfindende Fasern des dreigetheilten Nerven durch die Felsenbeinzweige und vielleicht auch durch die Paukensaite in den Antlitznerven, ehe er frei hervortritt, eindringen. Er vermag auch Fasern von dem herumschweifenden Nerven durch den Ohrast desselben aufzunehmen, eine Thatsache, die von Beck [1]) in Abrede gestellt wird. Die physiologischen Versuche könnten in dieser Beziehung weniger entscheiden, weil häufig die sensiblen Aeste des Vagus, die vorher durch ein Hauptganglion desselben durchgetreten sind, keine Schmerzenszeichen in einzelnen lebenden Thieren hervorrufen. Da sich übrigens Fäden der Halsnerven mit dem Stamme oder den Zweigen des Antlitznerven kurz nach dem Austritt aus dem Griffelloche verbinden, so muß man auch diese berücksichtigen, so wie die Verletzung nicht ganz nahe an jener Mündung stattgefunden hat.

Die Zweige des Antlitznerven, die sich an dem Gesichte und dem 4299
Halse verbreiten, verbinden sich auf das Innigste mit empfindenden Nervenästen, welche die Haut jener Gebilde versorgen. Es kommt daher hierbei der dreigetheilte Nerv vorzugsweise in Betracht. Die Reiser des Ethmoidal-, des Stirn- und des Thränenzweiges des ersten, des Wangenhaut-, des vorderen Zahn- und des Unteraugenhöhlenzweiges des zweiten und des oberflächlichen Schläfen- und des Kinnzweiges des dritten Astes des fünften Hirnnerven vermischen sich mit den Bündeln des Antlitznerven,

[1]) B. Beck, Anatomische Untersuchung des VII. und IX. Hirnnervenpaares. Heidelberg 1847. 4. S. 50.

wo sie ihm nur irgend begegnen. Weder das freie Auge, noch das Mikroskop kann diese wechselseitige Verkettung entwirren. Physiologische Versuche lehren aber, daß der Endverlauf die Hauptmassen ihrer Bestimmungsweise nach trennt. Der Antlitznerv beherrscht die Gesichtsmuskeln. Er bildet auf diese Weise den mimischen Nerven des Angesichts. Der dreigetheilte hingegen vermittelt die Hautempfindungen, deren die entsprechenden Oberflächen fähig sind.

4300 So leicht die Thätigkeit derjenigen Aeste, welche der Antlitznerv am Gesichte und am Halse abgiebt, ermittelt werden kann, so schwer wird es, die Verhältnisse der Zweige, die er früher entläßt, zu beurtheilen. Die anatomische Untersuchung liefert eine nur schwankende Grundlage. Der verborgene Verlauf jener Nervenäste dagegen vereitelt die meisten physiologischen Versuche, die man an den lebenden und todten Thieren anstellt. Man kann nur mit Gewißheit annehmen, daß der Steigbügelzweig die Bewegungen des Steigbügelmuskels (M. stapedius) zu leiten im Stande ist.

Die gegenseitige Verbindung des Antlitznerven und des Gehörnerven dient wahrscheinlich dazu, diese beiden Nervenstämme zu reinigen und jedem die ihm eigenthümlichen Fasern für seinen ferneren Verlauf mitzutheilen. Es wäre jedoch auch denkbar, daß einige Fasern des Antlitznerven zu den Weichgebilden des Ohrlabyrinthes bei dieser Gelegenheit vordringen.

4301 Verfolgt man den vidischen Nerven in den Kinnknoten des Antlitznerven und den Nasenknoten des dreigetheilten Nerven, so findet man, daß hier ein wechselseitiger Austausch der Fasern stattfindet. Bündel des fünften Nerven begeben sich zu dem Antlitznerven und verlaufen in diesem in peripherischer Richtung weiter. Es zeigt sich aber auch umgekehrt, daß Nervenfasern des Antlitznerven in den Nasenknoten eindringen, ihn durchsetzen[1]) und sich mit den Gaumenzweigen vermischen Man schloß hieraus, daß der Antlitznerv die Bewegungen des weichen Gaumens mittelst des oberflächlichen Felsenbeinnerven oder der beiden Felsenbeinnerven beherrscht. Die bisherigen physiologischen Versuche konnten diese Ansicht nicht erhärten. Es kam mir unter fünf Versuchen[2]), die ich an dem Pferde, dem Kaninchen, dem Hunde und der Katze anstellte, nur ein Mal vor, daß der weiche Gaumen des Hundes erzitterte, so wie ich den oberflächlichen Felsenbeinnerven ansprach. Debrou[3]) erhielt ebenfalls nur ein Mal ein positives Ergebniß, als er den Antlitznerven in der Schädelhöhle galvanisirte. Volkmann[4]), Longet[5]) und Hein[6]) konnten die Verkürzungen des weichen Gaumens in keinem Falle bemerken.

Kranke, die an Lähmung des Antlitznerven leiden, bieten bisweilen eine schiefe Stellung des weichen Gaumens dar. Es ereignet sich hin und wieder, daß das Zäpfchen nach einer Seite hin gekrümmt erscheint. Diese Thatsache führte zu der Vermuthung, daß die

---

[1]) B. Beck, a. a. O. S 34.
[2]) De functionibus nervorum. p 33.
[3]) Debrou, bei Longet a. a. O. Tome II. p. 451.
[4]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 487.
[5]) Longet, a. a. O. Tome II. pag. 451.
[6]) Müller's Archiv. 1844. S. 316 fgg.

Felsenbeinnerven die Bewegungen des weichen Gaumens theilweise beherrschen. Wäre die Anschauungsweise richtig, so müßte jenes Zeichen nur dann eintreten, wenn die Ursache der Unthätigkeit des Antlitznerven oberhalb und nicht unterhalb des Abganges der Felsenbeinzweige liegt.

Wir haben gesehen, daß sich Bewegungen im weichen Gaumen in den wenigsten physiologischen Versuchen erkennen ließen. Erzeugten sich diese, so konnten sie mittelbar von den Thätigkeiten des Griffelzungenbeinmuskels und des zweibäuchigen Kiefermuskels, die von dem Antlitznerven beherrscht werden, herrühren. Sollte die gleiche Thatsache den schiefen Stand des weichen Gaumens im Menschen veranlassen, so müßte dieser nach der gesunden Seite hin gerichtet sein. Die Krümmung des Zäpfchens ließe sich auf diese Weise gar nicht erklären. Es wäre sehr wünschenswerth, daß Krankheitsbeobachtungen von Neuem bestimmter erhärteten, ob überhaupt der schiefe Stand des weichen Gaumens mit der Lähmung des Antlitznerven wesentlich zusammenhängt und welche Muskeln, wenn es der Fall sein sollte, das Uebergewicht besitzen. So viel ist gewiß, daß wahrscheinlich der Antlitznerv längs des ganzen Felsenbeines und bis zum Gehirn angegriffen sein kann, ohne daß sich eine schiefe Stellung des weichen Gaumens nothwendig verräth [1]).

Man kann gegen die negativen Ergebnisse der physiologischen Versuche mit Recht einwenden, daß die Nervenfasern durch mehrere Knoten vor ihrer Endverbreitung durchtreten und daß man den Schädel der frisch getödteten Thiere der Länge nach durchsägen muß, ehe man die Reizung selbst einleitet. So richtig auch diese Bemerkungen sind, so läßt sich doch entgegnen, daß die Nervenfasern des herumschweifenden und des Beinerven trotz der gleichen Verhältnisse deutlich Bewegungen in dem weichen Gaumen veranlaßt haben.

Die anatomischen Verhältnisse deuten darauf hin, daß die Paukensaite zu den gemischten Nerven gehört und ihre empfindenden Fasern von dem dreigetheilten, ihre bewegenden dagegen von dem Antlitznerven herleitet. Die physiologischen Versuche der einzelnen Forscher widersprechen einander in hohem Grade. Guarini bemerkte keine Schmerzensäußerungen, als er die Paukensaite längs ihres Verlaufes in der Trommelhöhle in lebenden Hunden ansprach. Die Thiere waren jedoch wegen der tief eingreifenden Operation in hohem Grade erschöpft. Bernard [2]) fand ebenfalls, daß der Nervenstamm unempfindlich sei. Biffi und Morganti [3]) dagegen, welche die Versuche in jungen Hunden wiederholten, haben das Gegentheil beobachtet. Reizten ihn Panizza und Guarini mechanisch, so erhielten sie Zuckungen in dem Zungenmuskel — eine Thatsache, die von Biffi und Morganti ebenfalls in Abrede gestellt wird. Volkmann [4]) berichtet, Bewegungen des Backenmuskels in dem gleichen Falle gesehen zu haben. 4302

Man kann mit Recht annehmen, daß sich Fäden der Paukensaite zu der Unterkiefer- und der Unterzungendrüse und vielleicht auch zu den Drüsen der Mundschleimhaut begeben. Es würde hiernach jener Nerv die Ausführungsgänge der Absonderungswerkzeuge mittelst seines motorischen Einflusses beherrschen können. 4303

---

[1]) Vergl. z. B. Bernard, in den Archives générales de médecine Dec. 1844. p. 484.
[2]) Bernard, a. a. O. p. 493.
[3]) Biffi und Morganti, in den Annali universali. Vol. CXIX. Aug. u. Sept. 1846. pag. 422.
[4]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig 1845. 8. S. 582.

Es kommt hin und wieder in Menschen, deren Antlitznerv gelähmt ist, vor, daß auch die Geschmacksverhältnisse der Zunge regelwidrige Verhältnisse darbieten. Die bloße Krankheitsbeobachtung kann hier in der Regel zu keinen sicheren Schlüssen führen, weil man fast nie mit Bestimmtheit weiß, ob nur der Antlitznerv oder auch noch andere Hirnnerven mit oder ohne einzelne Theile der Centralwerkzeuge ergriffen sind. Mehrere Forscher haben diese Erscheinungen mit der Thätigkeit der Paukensaite in Beziehung gebracht und sich hierbei auf die Ergebnisse physiologischer Versuche zu stützen gesucht.

Bernard giebt nämlich an, daß Menschen, die an Gesichtslähmung leiden, und Hunde, denen man den Antlitznerven in der Höhe des mittleren Ohres oder noch weiter oben im Felsenbeine durchschnitten hat oder deren Paukensaite in der Trommelhöhle zerstört worden ist, schmeckbare Körper, wie Chinin, Weinstein- oder Citronensäure bei weitem später an der entsprechenden, als an der gesunden Zungenhälfte wahrnehmen. Die Verletzung lähme nämlich die Verkürzungsfähigkeit der Gewebe der Zungenschleimhaut und verzögere auf diese Art die Pünktlichkeit der Geschmacksempfindung [1]). Biffi und Morganti [2]) behaupten dagegen nach ihren Versuchen, daß die Geschwindigkeit, mit der die Hunde die Geschmackseindrücke nach der Trennung der Paukensaite auffassen, in beiden Zungenhälften gleich bleibt, daß aber die Stärke des Eindruckes derselben an der verletzten Seite abnimmt. Berücksichtigen wir die Schwierigkeiten, die sich der Beurtheilung der Geschmacksempfindungen in Thieren entgegenstellen und die wir bei der Betrachtung des Zungenschlundkopfnerven ausführlicher kennen lernen werden, so können solche physiologische Erfahrungen nur mit großer Vorsicht in Betracht gezogen werden. Es frägt sich überdieß, ob der vorangegangene heftige Eingriff keine weiter verbreitete Störung zur Folge hat und Zeichen, die der ursprünglichen Thätigkeit der Paukensaite fremd sind, hervorruft.

4304 **Die Hauptmasse der Antlitznerven verbreitet sich in die Muskeln des Gesichtes von der Stirn bis zum Kinn, in die des äußeren Ohres, den oberen Theil des Halshautmuskels, den zweibäuchigen Muskel und zwar vorzugsweise in die hintere Abtheilung desselben und in den Griffelzungenbeinmuskel. Man kann überdieß Fäden desselben zu den Gängen der Mundspeicheldrüsen und den Blutgefäßen des Halses und der Schläfe verfolgen.**

Versuchen wir die einzelnen Hauptzweige, die in dem Gesichte und der Nachbarschaft desselben im Menschen verlaufen, übersichtlich zusammenzustellen, so finden wir:

Ast des Antlitznerven.	Muskeln.
Tiefer Ohrast. (R. auricularis profundus.)	Occipitalis. Retrahens auris. (Einzelne kleine Ohrmuskeln in Verbindung mit dem R. zygomaticus I.)
Griffelzungenbeinast (R. stylohyoideus).	Stylohyoideus. Platysmamyoides.
Ast für den zweibäuchigen Kiefermuskel (R. digastricus).	Vorzüglich der hintere Bauch des Digastricus.
Erster Wangenmuskelnerv (R. zygomaticus I.)	Adtrahens und Adtollens auris. (Major und minor helicis. Tragicus. Antitragicus. Dilatator conchae. Transversus auris.)
Zweiter Wangenmuskelnerv (R. zygomaticus II.)	Frontalis. Corrugator supercilii. Orbicularis palpebrarum.

[1]) Bernard, a. a. O. p. 495.
[2]) Biffi u. Morganti, a. a. O. p. 426.

Aſt des Antlitznerven.	Muskeln.
Unterſte Wangenmuskelnerven (R. R. zygomatici III. IV. V.)	Frontalis. Orbicularis palpebrarum. Zygomatici major und minor.
Oberer Augenlid-Naſenzweig (R. palpebro-nasalis superior).	Zygomatici major und minor. Frontalis. Orbicularis palpebrarum. Levator labii superioris alaeque nasi. Compressor narium.
Unterer Augenlid-Naſenzweig (R. palpebro-nasalis inferior).	(Orbicularis palpebrarum.) Zygomatici major und minor. Levator labii superioris alaeque nasi. Levator anguli oris. Levator labii superioris proprius. Compressor nasi. Dilatatores narium anterior und posterior. Depressor alae nasi. Orbicularis oris
Oberlippenzweig (R. bucco-labialis superior).	Buccinatorius. Zygomatici major und minor. Depressor anguli oris. Orbicularis oris.
Unterlippenzweig (R. bucco-labialis inferior).	Zygomatici. Risorius Santorini. (Masseter). Depressor und Levator anguli oris. Orbicularis oris.
Randzweig (R. marginalis s. labio-mentalis).	Risorius Santorini. Platysmamyoides. Depressor anguli oris. Orbicularis oris. Quadratus menti. (Buccinator.)
Halshautzweige (R. R. subcutanei colli posteriores et superiores).	Platysmamyoides. (Depressor anguli oris. Quadratus menti. Orbicularis oris.) (Digastricus maxillae inferioris.)

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß hierbei die häufig vorkommenden untergeordneten Varietäten, ſo wie die Anaſtomoſen und die Schlingenfäden nicht berückſichtigt werden konnten. Die meiſten Aeſte des Antlitznerven enthalten überdies fremdartige Primitivfaſern. Die vorzüglichſten Anaſtomoſen finden mit dem dreigetheilten, dem Zungenſchlundkopf-, dem herumſchweifenden, den beiden Zungenfleiſch-, dem ſympathiſchen und den oberſten Halsnerven Statt. Faſt alle Blutgefäße des Geſichtes und die drei Mundſpeicheldrüſen empfangen zahlreiche Fäden von den Zweigen des Antlitznerven.

Es ereignet ſich häufig, daß der Antlitznerv der einen Seite vorübergehend oder anhaltend gelähmt wird. Die regelwidrigen Erſcheinungen beſchränken ſich dann auf die eine Geſichtshälfte.

Der Kranke kann weder die Stirn runzeln, noch die Augenbrauen bewegen oder die Kopfhaut vollſtändig hin- und herſchieben. War er früher im Stande, die Stellung ſeines äußeren Ohres zu ändern, ſo pflegt auch dieſe Fähigkeit mit der Unthätigkeit des Antlitznerven zu Grunde zu gehen. Der Menſch ſenkt zwar das obere Augenlid und hebt es wiederum beliebig empor. Er iſt aber nicht im Stande, die Augenlidſpalte vollkommen zu ſchließen. Verſucht er dieſes, ſo führt er nur das obere Augenlid ſo ſehr als möglich hinab und rollt den Augapfel inſtinktmäßig nach oben. Es bleibt daher immer eine Spalte, die einen Theil der Bindehaut unbedeckt läßt, übrig. Die Sehkraft leidet an und für ſich nicht. Der mangelhafte Verſchluß der Augendeckel führt aber mittelbar zu mancherlei Störungen. Da die Lähmung des Kreismuskels und des Horner'ſchen Muskels die regelrechte Abfuhr der Thränen ſtört, ſo fließen dieſe nicht ſelten zur Augenlidſpalte heraus. Staub und andere ſchädliche Körper dringen leichter in den Bindehautſack. Dieſer entzündet ſich daher in manchen Fällen. Trübungen der Hornhaut können ebenfalls auf dieſem Wege zu Stande kommen.

Der Leidende hat die Fähigkeit verloren, das Naſenloch emporzuziehen, es zu erweitern oder nach abwärts zu führen und die Naſenhaut ſelbſt zu rümpfen. Läßt man ihn tief einathmen, ſo bleibt dabei das entſprechende Naſenloch ruhig. Hält man ihm die geſunde Naſenöffnung zu, ſo ſtößt bisweilen das Einathmen bei geſchloſſenem Munde auf Schwierigkeiten. Kranke der Art leiden daher an Athembeſchwerden, ſo wie ſie im Schlafe auf der geſunden Seite liegen. Es kam in Einzelnen vor, daß Ammoniak und andere Dünſte, die man durch das leidende Naſenloch eindringen ließ, minder deutlich wahrgenommen wurden. Dieſe Thatſache gehört jedoch keineswegs zu den beſtändigen Zeichen.

Da die Muskeln, welche die Lippen beherrschen (Orbicularis oris, Levator labii superioris alaeque nasi, Levator labii superioris proprius, Levator anguli oris, Zygomatici major und minor, Depressor anguli oris, Quadratus menti), an der einen Seitenhälfte gelähmt sind, so gewinnt die der anderen Seitenhälfte das Uebergewicht. Der Mund wird daher nach der gesunden Seite hin verzogen. Ist der Antlitznerv unmittelbar nach seinem Austritte aus dem Griffelloche bei einer Operation durchschnitten worden, so ereignet es sich bisweilen, daß der Mundwinkel plötzlich nach der entgegengesetzten Seite hinüberspringt. Diese Entstellung erhält sich längere oder kürzere Zeit. Schlaganfälle können sie rasch, und Geschwülste, welche den Antlitznerven drücken, allmählig hervorrufen.

Die Wange, die Ober- und die Unterlippe der kranken Seite hängen schlaff herab. Das Gesicht hat hier seinen eigenthümlichen Ausdruck verloren und der Mensch besitzt gleichsam zwei Profile, je nachdem man ihn von dieser oder von jener Seite betrachtet. Alle mimischen Ausdrücke beschränken sich nur auf die gesunde Hälfte des Antlitzes. Er spricht, lacht und weint nur mit dieser. Er kann den leidenden Mundwinkel nicht vollständig schließen. Es träufelt oft Speichel zu dieser regelwidrigen Oeffnung heraus. Ein Theil der Flüssigkeiten, die er getrunken, dringt zu ihr nicht selten hervor. Der Kranke ist nicht im Stande, zu saugen, oder andere Thätigkeiten, welche einen vollständigen Verschluß der Mundhöhle voraussetzen, zu vollführen. Versucht er die Backen aufzublasen, so bläht sich die kranke Wange wie ein schlaffes Segel auf und die Luft stürzt in größeren Massen zu dem leidenden Mundwinkel heraus. Der Mensch spannt endlich die Haut in der Gegend des Unterkiefers unvollkommener an. Fig. 345 kann ein ungefähres Bild der Physiognomie eines solchen Kranken geben.

Fig. 345.

Wir haben schon früher gesehen, daß der weiche Gaumen in vielen Fällen regelrecht steht, daß es überhaupt zweifelhaft ist, ob eine krankhafte Lage dieses Theiles die Lähmungen des Antlitznerven nothwendiger Weise begleitet. Das Kauen und die Fortbewegung der Speisen ist nur in sofern gestört, als nicht selten Bruchstücke der Nahrungsmittel zwischen der Wange und den Lippen der gelähmten Seite haften bleiben. Die Veränderung der Geschmackswerkzeuge (S. 386) und die Schwierigkeit der genaueren Tonauffassung gehören zu den zweifelhafteren Zeichen. Die Speichelabsonderung scheint nur in Ausnahmsfällen vermindert zu sein [1]). Die Unterkiefer- und die Unterzungendrüse und selbst die Ohrspeicheldrüse können dann anschwellen und reichlichere Flüssigkeitsmengen bei einem auf sie ausgeübten Drucke entleeren.

Die Empfindlichkeit der Theile kommt nur insofern in Betracht, als die Verzweigungen des Antlitznerven beträchtliche Mengen fremdartiger Fasern einschließen. Sie kann daher theilweise leiden, sowie die untergeordneten Aeste angegriffen sind. Der Mangel der nöthigen Bewegungen wird überdies die Feinheit des Tastvermögens in mancher Hinsicht beeinträchtigen. Es beruht dagegen auf einem Mißverständnisse, wenn ältere Aerzte den Gesichtsschmerz von dem Antlitznerven herleiteten. Die Gesichtshaut und die Zunge behalten ihre Tastempfindlichkeit, so wie der Stamm des siebenten Hirnnerven allein gelähmt ist, bei. Man bemerkt dann auch keine auffallenden ursprünglichen Ernährungsstörungen. Die Gesichtshaut erscheint höchstens blasser und schlaffer, als gewöhnlich.

Es kommt nur selten vor, daß beide Antlitznerven ihre Thätigkeit gleichzeitig aufgeben. Die meisten der eben erwähnten Zeichen kehren dann in dem ganzen Gesichte wieder. Es fehlt nur natürlich die einseitige Verzerrung des Mundes. Thiere, denen man die Antlitznerven durchschnitten hat, drücken bei dem Fressen die Kiefer an den Boden des

[1]) Fr. Arnold, Bemerkungen über den Bau des Hirns und des Rückenmarks. Zürich 1838. 8. S. 211.

Futterbehälters, um die Thätigkeit der gelähmten Lippen so sehr als möglich auf diese Weise zu ersetzen.

Der Einfluß, den der Antlitznerv auf die mimischen Bewegungen und 4305
mithin auf den sichtlichen Ausdruck der Geistesregungen ausübt, verleiht ihm den Vorrang vor manchen anderen Hirnnerven. Man hat ihn auch in gewisser Hinsicht dem dreigetheilten Nerven gleichzustellen gesucht. Wie dieser die Tastempfindlichkeit der höheren Sinneswerkzeuge vorzugsweise beherrscht, so sollte der Antlitznerv eine ähnliche Stelle für die Bewegungen übernehmen. Es ergiebt sich aber aus dem Früheren, daß dieser Vergleich nicht durchgeführt werden kann. Das siebente Nervenpaar bestimmt nur theilweise die Augenlider, nicht aber den Augapfel und die Regenbogenhaut. Es leitet nur die Verkürzung des Steigbügelmuskels, während die des inneren Hammermuskels wenigstens nicht ausschließlich von ihm, sondern von der kleineren Wurzelabtheilung des dreigetheilten Nerven abhängen dürfte. Die Bewegungen der Zunge werden von dem Zungenfleischnerven und die des weichen Gaumens sichtlicher von dem dreigetheilten, dem herumschweifenden und dem Beinerven geleitet. Man kann daher nur sagen, daß der Antlitznerv ein wesentliches Glied für das Aufriechen bildet, weil die Muskeln der Nase ihrer Lage nach seiner Herrschaft gehorchen müssen.

Die bis jetzt vorliegenden Krankheitsbeobachtungen entscheiden noch nicht mit Sicherheit, bis zu welchem Grade das Gehör bei der Lähmung des Antlitznerven leidet. Gesellt sich Schwerhörigkeit oder Taubheit hinzu, so ist immer der Verdacht begründet, daß der benachbarte Gehörnerv gleichzeitig ergriffen sei. Es wäre dagegen möglich, daß die aufgehobene Thätigkeit des Steigbügelmuskels die untergeordneten Verhältnisse des Hörens beeinträchtigt. Als Rour [1]) an einer Lähmung des Antlitznerven litt, so bemerkte er, daß jede irgend starke Tönung sein Trommelfell etwas schmerzhaft erschütterte. Viele andere Krankheitsfälle boten aber kein Merkmal der Art dar.

Die innige Verbindung, in der die Antlitzmuskeln mit den Geistesregungen stehen, scheint es zu bedingen, daß sie sehr leicht in Hypochondristen, Hysterischen, Onanisten und überhaupt in Menschen mit zerrüttetem Nervensystem in Zuckungen verfallen. Es ereignet sich hierbei, daß sich einzelne Abtheilungen des Kreismuskels der Augenlider, des Aufhebers der Oberlippe, des Lachmuskels ohne äußere Veranlassung verkürzen. Diese Krämpfe können auch die gesammten Gesichtsmuskeln einer oder beider Seiten und in dem letzteren Falle abwechselnd oder gleichzeitig befallen [2]). Der Kranke ändert seinen Gesichtsausdruck in unregelmäßiger Weise oder als wenn er eben lachen oder weinen wollte. Das sardonische Lachen und die übrigen heftigeren Verzerrungen des Gesichts gesellen sich leicht zu tieferen Leiden der Großhirnhemisphären. Wir werden auch in der Folge sehen, daß man die Gesichtsmuskeln frisch getödteter Säugethiere von der Gegend des Ammonshornes aus in Thätigkeit versetzen kann.

VIII. Hörnerv (N. acusticus) (Fig. 344. v.). — Da die gleich- 4306
zeitige Trennung des Antlitz- und des Hörnerven der Meerschweinchen, in denen mir dieser Versuch glückte, keine Schmerzensäußerungen anregte, so kann man hieraus schließen, daß der achte Hirnnervenstamm alle sensiblen Fasern entbehrt. Magendie und Bernard bemerkten auch, daß man das Felsenbein von Kaninchen hoch oben mit der Scheere durch-

[1]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 454.
[2]) V. Francois, Essai sur les convulsions idiopathiques de la face. Bruxelles 1843. 8. pag. 5 sgg.

schneiden kann, ohne daß die Thiere Schmerzenstöne von sich geben oder ihre Pein durch Gegenbewegungen verrathen. Reizt man den Hörnerven in frisch getödteten Thieren, nachdem man das Hirn entfernt hat, so bemerkt man keine Muskelverkürzungen an dem äußeren Ohre oder an irgend einem anderen leicht zugänglichen Theile des Gesichtes. Es wäre denkbar, daß die in dem sonst unversehrten Theile eingeleiteten Verletzungen des Hörnerven Reflexbewegungen in dem Steigbügelmuskel oder dem inneren Hammermuskel, wie die Trennung des Sehnerven Veränderungen im Sehloche nach sich zieht. Es fehlt jedoch noch an Thatsachen, welche diese Annahme sicher zu beweisen im Stande wären.

4307 Die Zerstörung des Hörnerven hat Taubheit zur Folge. Sein vorderer und unterer Ast begiebt sich zur Schnecke und zu dem Säckchen des Vorhofes, sein hinterer und oberer zu dem elliptischen Säckchen, den übrigen Theilen des Vorhofes und den Anschwellungen der halbcirkelförmigen Kanäle. Es ist dagegen bis jetzt nicht geglückt, Primitivfasern des Hörnerven in dem cylindrischen Theile jener Kanäle nachzuweisen.

4308 IX. Zungenschlundkopfnerv (N. glossopharyngeus). (Figur 344 *w*.). — Legt man den Stamm des Zungenschlundkopfnerven unmittelbar nach seinem Austritte aus dem Schädel in lebenden Hunden bloß, so kann man sich in einzelnen Fällen überzeugen, daß er hier schmerzensempfindende Fasern einschließt[1]). Es kommt aber auch vor, daß das Thier keine Verletzung des Hauptstammes oder der Aeste desselben bemerkt oder daß die Ergebnisse in dieser Beziehung an beiden Seiten des Halses abweichen. Verräth aber auch der Hund Schmerzensempfindungen, so fallen diese doch schwächer aus, als wenn man den Zungenzweig des dreigetheilten Nerven oder einen anderen mit zahlreichen sensiblen Fasern versehenen Nervenstamm angreift.

4309 Wir sehen hieraus, daß der Zungenschlundkopfnerv jedenfalls zu den vorherrschend sensiblen Nerven nicht gehört. Es frägt sich dagegen, ob die Empfindlichkeit, welche er bisweilen unterhalb der Schädelgrundfläche darbietet, von Fasern, die schon seine Wurzeln enthalten, oder von Verbindungen, die er vorzüglich mit dem herumschweifenden Nerven eingegangen, oder von beiden Ursachen zugleich herrührt. Haben Katzen und Kaninchen, in denen die Wurzeln des neunten Hirnnerven zusammengedrückt wurden, keine Schmerzenslaute von sich gegeben, so könnte der vorangegangene Eingriff, den die Bloßlegung der Theile nöthig machte, die geringe Empfindlichkeit unterdrückt haben. Hätten sich aber auch Leidenszeichen eingefunden, so würde die Nähe des verlängerten Markes und der Wurzeln des herumschweifenden Nerven diese Merkmale mit Recht verdächtigen.

4310 Hatte Mayo den Halsstamm des Zungenfleischnerven in einem frisch getödteten Esel gereizt, so verkürzte sich der Griffelschlundmuskel (Stylopharyngeus) und der untere Theil des Schlundes. Man kann sich von diesen bewegenden Einflüssen in Hunden oder Pferden häufig überzeugen.

---

[1]) De functionibus nervorum p. 38. 39. Biffi und Morganti, a. a. O. p. 378. Stannius, in Müller's Archiv. 1848. S. 136.

Da sich aber hier schon Fasern des herumschweifenden Nerven an den Zungenschlundkopfnerven angelegt haben, so frägt es sich, ob jener Verkürzungseinfluß von diesen Verbindungen oder von den Wurzeltheilen des neunten Hirnnerven selbst herrührt.

Reizte Volkmann[1]) die kleinere Wurzel des Kalbes und der Katze 4311
nach der Entfernung des Gehirns im Innern der Schädelhöhle, so zogen sich der Griffelschlundmuskel (Stylopharyngeus) und der mittlere Schlundkopfschnürer (Constrictor faucium medius), nicht aber der weiche Gaumen zusammen. Die größere Wurzel führte nie zu Verkürzungserscheinungen. Hein[2]) bemerkte Bewegungen im Griffelschlundmuskel, dem Gaumenheber und dem unpaaren Zäpfchenmuskel. Debrou[3]) giebt an, daß die Galvanisation des Zungenschlundkopfnerven im Hunde auf den weichen Gaumen in Ausnahmsfällen einwirkt. Man müsse aber in der Regel alle drei durch das Loch hindurchtretende Nervenstämme ansprechen, um einen Erfolg wahrzunehmen. Biffi und Morganti, die jeden ursprünglichen Bewegungseinfluß nach ihren früheren Untersuchungen in Abrede stellten[4]) sahen später[5]) in mittelgroßen Hunden, in dem Schaafe und dem Pferde, daß der weiche Gaumen, das Zäpfchen und die vorderen Gaumenbogen schwach zitterten. Reizten sie dagegen die Wurzeln des Beinerven, so trat die Bewegung jener Theile in kräftigerem und ausgedehnterem Maaße hervor. Der neunte Hirnnerv soll überdies nach ihnen seine Empfindlichkeit kurz nach dem Tode des Thieres verlieren. Reid und Longet[6]) konnten keinen bewegenden Einfluß wahrnehmen und ich selbst bin in Hunden, Katzen und Kaninchen nicht glücklicher gewesen. Es ist mir oft vorgekommen, daß der herumschweifende und der Beinerv die längste Zeit die lebhafteste Schlundbewegung anregten, während der unmittelbar nach der Entfernung des verlängerten Markes angesprochene Zungenschlundkopfnerv keine Verkürzungen lieferte. Dem sei nun wie ihm wolle, so erhellt so viel, daß der größere Theil der Fasern des neunten Hirnnerven keine Bewegungsfasern von vorn herein einschließt.

Die zahlreichen Nervenzweige, mit denen die Zunge des Menschen 4312
und der Säugethiere ausgerüstet ist, stammen von drei verschiedenen Hirnnerven, dem dritten Aste des fünften, dem neunten und zwölften Paare. Panizza[7]) fand zuerst durch vergleichende an Hunden angestellte Versuche, daß die Zungenzweige des dreigetheilten Nerven der Tastempfänglichkeit, die des Zungenfleischnerven dem Geschmacksvermögen und die des Unterzugennerven den Bewegungen der Zunge vorstehen. Die Erfahrungen der übrigen Forscher stimmen darin überein, daß die Bewegungen nur von dem zwölften Hirnnerven abhängen und daß das fünfte Nervenpaar die Tastempfindlichkeit der Zunge vor Allem vermittelt. Während aber Einige

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. 8. S. 489. 90. 92.
[2]) Hein, Ebendaselbst. 1844. S. 321.
[3]) Debrou, bei Longet a. a. O. Tome II. p. 222.
[4]) Biffi u. Morganti, a. a. O. p. 381. 382.
[5]) Biffi u. Morganti, in Müller's Archiv. 1847. S. 357 — 362.
[6]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 220.
[7]) B. Panizza, a. a. O. S. 27 fgg.

die Geschmacksthätigkeit der Zunge dem Zungenschlundkopfnerven ausschließlich zuschreiben, leiten sie Andere von ihm und dem dreigetheilten Nerven gemeinschaftlich ab. Alle neueren Schriftsteller geben endlich zu, daß der Zungenschlundkopfnerv Fasern, welche Geschmackseindrücke hervorrufen, einschließt.

4313 Hat man die beiden Unterzungennerven (N. N. hypoglossi) so hoch als möglich am Halse in Hunden, Katzen oder Kaninchen durchschnitten, so hat das Thier allen Willenseinfluß auf die selbstständigen Bewegungen der Zunge, nicht aber das Tastvermögen derselben verloren. Unangenehm schmeckende Körper werden noch deutlich wahrgenommen. Jeder in die Zunge gemachter Einstich führt Schmerzensempfindungen herbei. Es kommt vor, daß die Zunge, deren Oberfläche sich nicht mehr kräuselt, deren Wärzchen sich nicht mehr aufrichten, bei der Reizung des Kopfes oder bei Kauversuchen vorfällt und nicht mehr zurückgezogen werden kann. Beißt dann der Hund mit seinen Zähnen hinein, so heult er laut auf. Er kann sich in der Regel für den Augenblick nicht helfen. Es gelingt ihm nur nach vielen Bemühungen, die Zunge durch Bewegungen des Kopfes, durch heftige Schluckanstrengungen und durch lebhafte Verkürzungen der das Zungenbein hinabführenden Muskeln in ihre alte Lage zurückzubringen. Das Kauen ist unter diesen Verhältnissen beträchtlich erschwert. Einzelne Bruchstücke der Nahrungsmittel bleiben nicht selten auf der Zunge liegen. Andere bahnen sich mit Mühe einen Weg längs der Wangen und der Zähne. Manche fallen wieder zum Munde heraus. Die Fortschaffung der Getränke stößt ebenfalls auf Schwierigkeiten. Sind aber einmal die Nahrungsmittel in den Rachen eingedrungen, so gehen sie, wie gewöhnlich, weiter, es sei denn, daß einzelne Bruchstücke der Lähmung der Zunge wegen in die Mundhöhle von Neuem zurückkehren.

Eine einseitige Unthätigkeit der Wurzeln des Unterzungennerven lähmt auch in dem Menschen die entsprechende Zungenhälfte. Es kehrt dann etwas Aehnliches, wie nach der Lähmung des Antlitznerven wieder, d. h. die Muskelmassen der gesunden Seite gewinnen das Uebergewicht. Die Zunge krümmt sich daher und ihre Spitze wird nach einer Seite hingewendet. Wir werden jedoch in der Folge sehen, daß auch andere Ursachen die gleiche krankhafte Stellung möglich machen.

Es versteht sich von selbst, daß die Zungenlähmung das Sprechen stören muß. Menschen, die von einem Schlaganfalle heimgesucht worden, Cretins, Personen mit Wasserausschwitzungen im Gehirn belegen diesen Satz auf das Deutlichste. Die Sprache wird dann lallend und undeutlich.

4314 Jeder Eingriff, den die Zungenzweige des dreigetheilten Nerven (R. R. linguales N. trigemini) in dem Hunde, der Katze, dem Pferde, dem Esel, dem Kaninchen oder dem Meerschweinchen trifft, pflegt die heftigsten Schmerzenszeichen hervorzurufen. Hat man die beiden Nervenstämme, so hoch als möglich, im Hunde durchschnitten, so ist alle Tastempfindlichkeit in der vorderen Hälfte der Zunge verloren. Man kann sie stechen, durchschneiden oder brennen, ohne daß sich das Thier um diese Verletzungen kümmert. Die hintere Zungenhälfte dagegen liefert andere Ergebnisse, weil sie schon Fasern von dem zweiten Aste des dreigetheilten Nerven aufnimmt. Obgleich die Bewegung der Zunge ursprünglich nicht leidet und

ein Reiz, der das peripherische Stück der durchschnittenen Nerven trifft, keine Zuckungen hervorruft, so erscheint doch das Kauen erschwert, weil die Vorderhälfte der Zunge ihres Gefühles beraubt ist und daher in der Bestimmung der nöthigen Bewegungen gestört wird. Bruchstücke der Nahrungsmittel, abgeschorene Haare und andere Körper, die zufällig auf die unempfindlichen Stellen der Zungenoberfläche gerathen sind, bleiben hier nicht selten Stunden lang liegen. Das Thier läßt oft einzelne Speisemassen, die es in den Mund genommen, herausfallen. Es beißt sich nicht selten in die Zunge, zerreißt diese und bekommt dann Geschwüre, die keine merklichen Schmerzen verursachen. Hat man die Operation in Kaninchen vorgenommen, so kann man die Zunge zwischen die Zähne einklemmen, ohne daß sich ein Widerstand kund giebt. Hunde oder Katzen, die auf solche Weise verstümmelt worden, verrathen den deutlichsten Widerwillen, so wie sie mit bitteren Stoffen vermischte Nahrung verschlucken müssen. Wir sehen hiernach, daß die Zungenzweige des dreigetheilten Nerven einen wesentlichen Einfluß auf die Tastempfänglichkeit der Zunge ausüben, daß aber ihre Unthätigkeit das Geschmacksvermögen nicht aufhebt. Es ergiebt sich hieraus, daß sie in keinem Falle als die ausschließlichen Geschmacksnerven betrachtet werden dürfen.

Hat man die beiden Zungenschlundkopfnerven (N. N. glossopharyngei) 4315
eines Hundes kurz nach dem Austritte aus dem Schädel durchschnitten, so leidet weder die Beweglichkeit, noch die Tastempfänglichkeit der Zunge. Das Thier nimmt den geringsten Einstich wahr. Man bemerkt gar keine oder höchstens nur sehr untergeordnete Störungen der Schluckbewegungen. Panizza fand, daß Hunde, die auf solche Weise operirt worden, sehr bittere Massen, wie eine Abkochung von Coloquinthen ohne den geringsten Widerwillen zu sich nahmen, daß also ihr Geschmack völlig aufgehoben war, daß aber die Trennung der Zungenäste des dreigetheilten Nerven diese Sinnesempfindungen gar nicht störte. Halten wir uns an die Forscher, welche diese Frage durch Versuche, die sie an Säugethieren anstellten und nicht durch bloße theoretische Schlüsse entscheiden wollten, so gelangten Rapp[1]), Stannius und ich zu den gleichen Ergebnissen, wie Panizza. Joh. Müller, Gurlt und Kornfeld, Alkok, Reid und Longet[2]) bemerkten noch Geschmackseindrücke, wenn sie die beiden Zungenschlundkopfnerven, wahrscheinlich nicht unmittelbar unter der Schädelgrundfläche, durchschnitten hatten. Bidder[3]) kam zu keinen völlig entscheidenden Ergebnissen, findet es jedoch sehr wahrscheinlich, daß der Zungenschlundkopfnerv den Sinnesnerven des Geschmackes bildet. Biffi und Morganti[4]) geben endlich an, daß das neunte Nervenpaar nach den von ihnen angestellten Untersuchungen die Geschmacksempfindungen der beiden

---

[1]) Rapp, in V. Bruns Diss. sistens Disquisitiones anatomico-physiologicas de Nervis Cetaceorum cerebralibus. Tubingae 1836. 8. p. 39.
[2]) Vergl. De functionibus nervorum p. 40. Longet, a. a. O. Tome II. p. 225.
[3]) Bidder, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. 1. S. 7 und 8.
[4]) Biffi und Morganti, a. a. O p. 438.

hinteren Drittheile der Zunge, des weichen Gaumens und der beiden Gaumenbogen, der dreigetheilte Nerv dagegen die des vorderen Drittheils der Zunge leitet. Jener wäre nach ihnen der vorzüglichste, nicht aber der einzige Nerv, der Geschmackseindrücke vermittelt.

Ein Theil dieser Widersprüche erklärt sich aus den Schwierigkeiten, welche sich diesen Beobachtungen aus mannigfachen Gründen entgegenstellen. Es versteht sich von selbst, daß alle Zweige des Zungenschlundkopfnerven durchschnitten sein müssen, wenn man mit Sicherheit über die Geschmacksverhältnisse urtheilen will. Man kann aber wenigstens an vielen der älteren Erfahrungen aussetzen, daß die Zungenschlundkopfnerven zu tief getrennt worden waren, daß die Aeste, welche den Schlundkopf und die Gebilde des weichen Gaumens versehen, unversehrt geblieben sind, und daß kein genügendes Ergebniß unter diesen Verhältnissen erhalten werden konnte (§. 4137).

Da viele schmeckbare Verbindungen die Tastnerven der Zunge gleichzeitig anregen, so darf man nur Stoffe, denen dieser Nebeneinfluß nicht zukommt, als Prüfungsmittel gebrauchen. Es müssen daher die Wirkungen, die man mit Citronensäure, Weinsteinsäure, Essigsäure, Rhabarber und selbst mit einzelnen Chininsalzen erhielt, ihre Beweiskraft verlieren. Die Abkochung der Coloquinthen, welche Panizza und die meisten späteren Forscher zu gebrauchen pflegten, gewährt den Vortheil, daß sie rein bitter schmeckt, und keinen merklichen unangenehmen Nebengeruch wenigstens für den Menschen darbietet. Allein nur das reine Filtrat einer ganz frischen Abkochung besitzt die eben erwähnten Eigenschaften. Nimmt man eine nicht sorgfältig bereitete oder eine ältere Flüssigkeit, so kann man auch durch sie auf Irrwege geleitet werden. Die gelbliche Farbe vermag auch das Thier auf die fremdartige Mischung aufmerksam zu machen. Die Abkochung der Granatrinde führt wahrscheinlich ähnliche Gefahren mit sich.

Es kommt vor, daß sehr hungrige Hunde die unangenehmsten Dinge mit Gier verschlucken. Man hat daher auch diesen Umstand gegen den Lehrsatz von Panizza geltend zu machen gesucht. Ich bemühte mich deshalb, den Einwurf in einer meiner Beobachtungen zu beseitigen. Ich ließ zwei Hunde 30 Stunden lang hungern und durchschnitt dann die Zungenäste des dreigetheilten Nerven in dem einen und die Zungenschlundkopfnerven in dem zweiten Thiere. Beide hatten Milch, der Bittersalz beigemischt war, unmittelbar vor der Operation ohne Widerwillen gekostet, Brod dagegen, das mit Coloquinthenabkochung durchtränkt war, entschieden zurückgewiesen. Wiederholte ich den Versuch nach der Nervendurchschneidung, so verschluckte der Hund, dessen Zungenschlundkopfnerven getrennt waren, mit Coloquinthenabkochung versetzte Milch ohne Weiteres. Das Thier dagegen, in welchem die Zungenäste des dreigetheilten Nerven verletzt worden, verschmähte diese Flüssigkeit oder bitteres Brod auf das Entschiedenste und lieferte die deutlichsten Zeichen des Ekels, so wie ihm jene Verbindungen gewaltsam beigebracht wurden [1]).

Läßt man einige Zeit nach der Verletzung verstreichen, so können sich die durchschnittenen Nerven theilweise wiedererzeugen. Es kommt natürlich nicht darauf an, daß alle Geschmacksfasern wiederhergestellt werden. Sind nur einige an einer Seite von ihrer Unthätigkeit erlöst, so müssen schon schwankende Ergebnisse zum Vorschein kommen. Einer der Hunde, dessen Zungenschlundkopfnerven durchschnitten worden waren, nahm mit Coloquinthen vermischte Nahrung 14 Tage nach der Verwundung von selbst nicht zu sich. Er ließ sich aber noch durch Drohungen bewegen, die bitteren Speisen zu verschlucken. Der Hund dagegen, in dem die Zungenzweige des dreigetheilten Nerven ebenfalls zwei Wochen früher getrennt worden waren, konnte selbst durch Schläge nicht bewogen werden, die bittere Nahrung hinunterzuschlucken. Es ist daher möglich, daß die Ergebnisse im Anfange und einige Zeit später ungleich ausfallen.

Es versteht sich von selbst, daß die wiederholten Kaubewegungen, die Verzerrung der Lippen, der Austritt von Speichel, das Schütteln des Kopfes nicht immer sichere Zeichen in Hunden liefern, weil sie häufig durch Nebenumstände ebenfalls hervorgerufen werden. Wird z. B. die Zunge eines nicht gut gelaunten Hundes mit destillirtem Wasser bepinselt, so kann man alle jene Merkmale ebenfalls erhalten. Man geht daher nur dann sicher, wenn das Thier die bittere und geruchlose Nahrung, die es ohne Zwang nehmen

[1]) Repertorium. Bd. II. S. 219. 20.

soll, beharrlich zurückweist, sie, so wie sie in den Mund gelangt ist, sogleich auswirft und den Hunger der Aufnahme der übel schmeckenden Speisen vorzieht.

Biffi und Morganti [1]) bemühten sich, die einzelnen Stellen, die der Geschmacksempfindung fähig sind, in ähnlicher Weise, wie im Menschen (§. 4137), in den operirten Hunden aufzufinden. Sie betupften daher die verschiedenen Bezirke mit einem Schwämmchen, das an einem Stabe befestigt und mit bitteren Massen durchtränkt war. Sie zerstörten auch die Geruchsnerven junger Thiere, damit der nachtheilige Einfluß der Gerüche beseitigt würde [2]). Ich muß frei bekennen, daß es mir hierbei nicht glückte, befriedigende Ergebnisse selbst an gesunden Geschöpfen zu erhalten. Hat man die Zungenspitze mit einer geschmacklosen Flüssigkeit oder mit einer Chininlösung bestrichen, so kann es sich in beiden Fällen ereignen, daß das Thier ruhig bleibt, Schluckbewegungen macht oder sich von vornherein lebhaft zu wehren sucht. Kaubewegungen können in allen Fällen nachfolgen.

Stannius [3]), der seine Versuche auf eine sehr zweckmäßige Weise an Katzen anstellte, wählte reines Chinin, das er der Milch beimengte. Es zeigte sich hier ein Merkmal, das von dem Willen des Thieres unabhängig ist. Giebt man nämlich mit Chinin vermengte Milch gesunden Katzen oder solchen, in denen die Unterzungennerven oder die Zungenzweige des dreigetheilten Nerven durchschnitten worden, so tritt eine beträchtliche Menge zähen Speichels zur Mundhöhle binnen Kurzem heraus. Dieses Zeichen, das wohl mit Recht mit dem Ekelgefühle in Verbindung gebracht werden kann, fehlt in allen Katzen, in denen man die Zungenschlundkopfnerven vollständig ausgerissen hat.

Menschen, die an Lähmung des dreigetheilten Nerven leiden, schmecken noch deutlich das Bittere des Chinins oder der Coloquinthen. Wenn ein von Meyer [4]) beobachtetes geistesschwaches Mädchen Zucker, Essigsäure, Tinte und Rhabarberpulver in der vorderen Hälfte der gelähmten Seite nicht wahrnahm, so fragt es sich noch, wie sich rein bittere Massen verhalten haben würden. Der Zucker, der hier allein in Betracht kommen kann, wird auch von einzelnen gesunden Menschen vorn bloß an bestimmten Stellen und selbst nur mit Hilfe von Zungenbewegungen geschmeckt. Ein ähnlicher von Bérard [5]) beobachteter Fall lieferte übrigens das Ergebniß, daß Süßigkeiten an der sensibel gelähmten Zungenhälfte vollständig erkannt wurden. Die Entartungen des Zungenschlundkopfnerven, die man bis jetzt im Menschen beobachtete [6]), geben keine sichere Ausbeute für die physiologischen Verhältnisse, weil die Zerstörungen zu viele andere Gebilde betrafen oder die Lebenserscheinungen zu unvollkommen verfolgt worden sind.

Will man den Unterzungennerven in jungen Katzen durchschneiden, so verfährt man am Einfachsten, wenn man sich den neben der Halsschlagader verlaufenden Stamm des herumschweifenden Nerven aufsucht, bis zu dem Knoten desselben vordringt und den starken quer hinübergehenden Unterzungennerven ausreißt. Man kann auch auf dem gleichen Wege zu dem Zungenschlundkopfnerven, der vor der Knochenblase dahingeht, gelangen. Es kostet jedoch etwas mehr Mühe, den Nerven hier aufzufinden. Der Anfänger muß sich überdies vor einer Verwechselung mit dem Unterzungennerven hüten.

Arbeitet man an größeren Thieren, so handelt man am zweckmäßigsten, wenn man jeden der drei Zungennerven unmittelbar aufsucht. Vorschriften hierfür finden sich bei Panizza, a. a. O. S. 28—31 u. 42. 43. De functionibus nervorum p. 40—42.

X. und XI. Herumschweifender Nerv (N. vagus) (Fig. 344 *x*.) 4316
und Beinerv (N. accessorius) (Fig. 344 *y*.). — Scarpa, Arnold und Bischoff verglichen zuerst diese beiden Nerven mit den doppelten

---

[1]) Biffi und Morganti, a. a. O. p. 391.
[2]) Biffi und Morganti, a. a. O. p. 401.
[3]) Stannius, in Müller's Archiv. 1848. S 132 — 38 und F. Uterhart, De functionibus Nervi hypoglossi, rami lingualis. N. trigemini, Nervi glossopharyngei. Rostochii 1847. 8. p. 12 fgg.
[4]) F. de Meyer, Diss. inauguralis medica sistens paralyseos Nervi Trigemini casum. Francofurti ad Moenum 1847. 8. p. 22 und 28.
[5]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 234.
[6]) Vergl. De functionibus nervorum p. 44. Longet, a. a. O. Tome II. p. 231 — 35. Meyer, a. a. O. p. 11.

Wurzeln eines Rückenmarksnerven. Es sollte hiernach der herumschweifende Nerv ursprünglich nur Empfindungen und der Beinerv die Bewegungen ausschließlich vermitteln. Die Versuche, welche Bischoff über den Einfluß des Beinerven angestellt hatte, verschafften dieser Auffassungsweise allgemeinern Eingang, so daß Gaedechens, Joh. Müller, Bendz, Longet und ich jene Anschauungsweise als richtig betrachteten. Spätere Beobachtungen, die an frisch getödteten Säugethieren angestellt wurden, lehrten jedoch, daß die Reizung der Wurzeln des herumschweifenden Nerven Bewegungen bedingt. Versuche an lebenden Geschöpfen machten es wahrscheinlich, daß einzelne Fäden des Beinerven Schmerzensempfindungen anregen. Joh. Müller, Bischoff und ich sind daher auch von jener ursprünglichen Vorstellungsweise zurückgekommen. Bell und Heusinger hatten schon früher beide Nervenstämme für gemischt angesehen[1]).

4317 Reizte ich die bloßgelegten Wurzeln des herumschweifenden Nerven in dem lebenden Kaninchen, so gab das Thier sehr hohe und kräftige Schmerzenstöne von sich. Sie dauerten jedoch nicht so lange, als wenn der dreigetheilte Nerv innerhalb der Schädelhöhle durchschnitten wurde.

4318 Joh. Müller[2]) fand schon an einem lebenden Hunde, daß die Reizung der Vaguswurzeln Bewegungen im Schlunde veranlaßte. Ich sah die gleiche Erscheinung, wenn ich die hinteren Wurzelbündel des herumschweifenden Nerven in frisch getödteten Hunden oder Kaninchen ansprach, wurde zuerst hierdurch an jener Theorie zweifelhaft, bezog aber endlich das Ergebniß auf die vorderen Ursprungsbündel des Beinerven[3]). Ich habe später noch häufig die lebhaftesten Bewegungen des Schlundes und der Speiseröhre in Folge des mechanischen Druckes der Vaguswurzeln in Katzen und Hunden wahrgenommen. Volkmann[4]) bemerkte unter diesen Verhältnissen, daß sich der Heber des weichen Gaumens (Levator palati mollis), der unpaare Zäpfchenmuskel (Azygos uvulae), der hintere Gaumenbogen, einzelne Kehlkopfmuskeln (Crico-thyreoideus, Crico-arytaenoidei posticus und lateralis und Hyothyeroideus), so wie die Speiseröhre zusammenzogen. Stilling sah die Einflüsse, welche auf den Schlund, die Speiseröhre, den Magen und die Stimmritze ausgeübt werden. Van Kempen und Schwann[5]) bemerkten die Bewegungen in den Schlundkopfschnürern, der Speiseröhre, den Innentheilen des Kehlkopfes, dagegen nicht in dem weichen Gaumen der Hunde (mit Ausnahme des Pharyngostaphylinus). Hein[6]) und Bischoff[7]) fanden endlich, daß die Vaguswurzeln den Gaumenheber, den unpaaren Zäpfchenmuskel und den hinteren Gaumenbogen zur Zusammenziehung nöthigen. Longet[8]) konnte keine Verkürzungen im Pferde und dem Hunde wahrnehmen.

---

[1]) Vergl. De functionibus nervorum. p. 45. 46.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. I. Vierte Aufl. Coblenz 1844. 8. S. 568.
[3]) Vergl. De functionibus nervorum p. 45. 46. Anmerkung 1.
[4]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 493.
[5]) Repertorium. Bd. VIII. S. 321.
[6]) Hein, in Müller's Archiv. 1844. S. 325.
[7]) Bischoff, Ebendaselbst. 1846. S. 80. [8]) Longet, a. a. O. Tome II. pag. 265.

Gelingt es, die Wurzeln des Beinerven in dem Kaninchen bloßzu- 4319
legen, so giebt das Thier keine Schmerzenszeichen im Augenblicke der Durchschneidung zu erkennen. Wiederholt man das Gleiche am Hunde, so erhält man häufig dasselbe Ergebniß. Das Thier schreit aber auch bisweilen, so wie man sich dem verlängerten Marke nähert. Diese Thatsache verliert aber an Sicherheit, weil die ausgedehnteste Verletzung der Bloßlegung der Nervenwurzeln vorangeht, beträchtliche Blutungen die freie Aussicht stören und die Nähe des verlängerten Markes oder anderer empfindlicher Theile Täuschungen herbeiführen kann. Bernard[1]) giebt an, daß der Theil des Beinerven, welcher hinter dem verlängerten Marke liegt, in allen Fällen unempfindlich sei. Die weiter nach vorn verlaufende Abtheilung dagegen bietet nach ihm einen gewissen Grad von Schmerzempfindlichkeit dar. Diese spricht sich um so deutlicher aus, je mehr man sich den Wurzeln des herumschweifenden Nerven annähert. Es erhellt hieraus jedenfalls, daß der Beinerv zu den sehr empfindlichen Nerven nicht gehört.

Alle Forscher, die sich mit Reizversuchen beschäftigt haben, stimmen 4320
darin überein, daß die Wurzeln des Beinerven den Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) und den Kappenmuskel (Cucullaris) in Bewegung setzen. Sie weichen dagegen in den übrigen Punkten ab. Longet[2]) sowohl, als ich[3]) bemerkten noch Verkürzungen in den Kehlkopfmuskeln, dem Schlunde und der Speiseröhre. Volkmann[4]) giebt dagegen nur zu, daß sich bisweilen ein Einfluß auf den weichen Gaumen verräth. Er bemerkte ein Mal Bewegungen im Kehlkopfe, sah hin und wieder Verkürzungen im weichen Gaumen, leitet aber die Zusammenziehungen des Schlundes und der Speiseröhre nur von den Wurzeln des herumschweifenden Nerven her. Hein und Bischoff endlich gelangten zu dem Ergebnisse, daß die Wurzelfäden des zehnten, wie des eilften Hirnnerven auf den weichen Gaumen (Levator palati mollis, Azygos uvulae und Pterygopalatinus) wirken können.

Fassen wir diese älteren Mittheilungen zusammen, so unterliegt es 4321
keinem Zweifel, daß die Wurzelfäden des Beinerven die Verkürzungsgebilde des Anfanges der Verdauungswerkzeuge beherrschen. Vergleiche ich hiermit zahlreiche Reizversuche, die ich in den letzten Jahren angestellt habe, so unterliegt es mir keinem Zweifel, daß die Zusammenziehung der meisten, wo nicht aller genannten Theile auftreten, man möge die Ursprungsfäden des herumschweifenden oder des Beinerven ansprechen. Ich hatte z. B. den Schlund und die Speiseröhre eines frisch getödteten großen Hundes bloß gelegt und das Gehirn, das verlängerte Mark nebst dem obersten Theile des Rückenmarkes entfernt. Drückte ich dann die Wurzeln des herumschweifenden Nerven zusammen, so verkürzte sich die Speiseröhre auf

---

[1]) Bernard, in den Archives générales de Médecine. Paris 1844. May. p. 53.
[2]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 265.
[3]) De functionibus nervorum. p. 45 sgg.
[4]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 498 u. in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 389.

das Lebhafteste. Ging ich zu den Wurzeln des Beinerven und zwar nicht bloß zu den vordersten über, so erhielt ich eine eben so kräftige Bewegung der Speiseröhre. Begann ich in anderen Versuchen mit dem Beinerven, so kehrte das Gleiche wieder. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, daß die Muskelmassen der Speiseröhre von dem eilften Nerven aus bestimmt zu werden vermögen. Die Versuche, die man an den Kehlkopfmuskeln anstellt, gelingen seltener. Die Empfindlichkeit schwindet hier in der Regel in auffallend kurzer Zeit. Es ist mir z. B. in Hunden vorgekommen, daß jene Muskeln die Reizung der Wurzeln, des Stammes oder der Aeste des zehnten Paares nicht mehr beantworteten, wenn sich die Speiseröhre noch lange nachher in Folge eines Druckes, der die Wurzeln des herumschweifenden oder des Beinerven getroffen hatte, zusammenzog.

4322 Der Einfluß, den das zehnte Nervenpaar auf das Auge, das Herz und die Unterleibseingeweide ausübt, wird uns in der Folge an passenderen Orten beschäftigen. Wir werden auch bei dieser Gelegenheit finden, daß hier die Verkürzungen häufig genug, sowohl von den Vagus- als von den Accessoriuswurzeln aus angeregt werden.

Bedenkt man, daß sich die hintersten Ursprungsfäden des herumschweifenden Nerven von den vordersten des Beinerven nur unvollkommen trennen lassen, so versteht es sich von selbst, daß die oben erwähnten entscheidenden Ergebnisse für Nervenbündel gelten, über deren Wesen kein Zweifel obwaltet. Man stößt hierbei auf die eigenthümliche Thatsache, daß dieselbe größere Muskelmasse von den verschiedensten Nervenstämmchen zur lebhaftesten Thätigkeit angeregt wird.

4323 Der sogenannte vordere Ast des Beinerven und die Stammfäden des herumschweifenden Nerven verbinden sich auf das Innigste in dem Jugularknoten des Letzteren. Es gehen hierbei sehr viele Bündel des eilften Paares in das zehnte über. Der äußere Ast des Beinerven nimmt Fasern von dem herumschweifenden Nerven ebenfalls auf. Der dann hervortretende Vagusstamm enthält auf diese Weise einen großen Theil des Accessorius.

4324 Man kann der Endverbreitung nach schließen, daß der Ohrast des herumschweifenden Nerven (R. auricularis N. vagi) Empfindungsfasern dem äußeren Gehörgange und vielleicht auch dem Antlitznerven mittheilt. Reizt man die Schlundzweige (R. R. pharyngei) in frisch getödteten Säugethieren, so verkürzen sich die Muskeln des Schlundes und des weichen Gaumens. Schneidet man diese Nerven in lebenden Hunden durch, so erhält man nicht selten deutliche Schmerzensäußerungen. Das Thier hustet und erbricht sich dann häufig, so wie es flüssige oder kleinere feste Speisemassen zu sich genommen. Es vermeidet das Essen und Trinken und geht bisweilen am Hungertode zu Grunde Es kann nur größere Bissen und selbst diese bloß unter der Mithilfe der ungewöhnlichsten Nebenbewegungen in den Magen hinabführen. Ein eigenthümlicher Kollerton (Deglutitio sonora), wie er auch in Menschen, deren Tod herannaht, vorkommt, begleitet bisweilen jene mühsamen Schluckbewegungen. Die

Geschmacksempfindung erhält sich unter diesen Verhältnissen. Es bleibt dagegen dahingestellt, ob das Gefühl des Durstes wesentliche Veränderungen erleidet oder nicht.

Der herumschweifende Nerv versorgt den Kehlkopf mit zwei verschieden- 4325
artigen Hauptästen, einem oberen (R. laryngeus superior), der hoch oben in der Nachbarschaft der Schlundzweige entspringt, und einem unteren (R. laryngeus inferior s. recurrens Vagi), der im Menschen rechts unter der Schlüsselbeinschlagader und links in der Nähe des Aortenbogens entsteht und zu dem Kehlkopfe emporsteigt. Da überdies der Stamm des herumschweifenden Nerven zahlreiche Zweige für das Herz und die Lungen abgiebt, so gewinnt er einen bedeutenden Einfluß auf den Kreislauf und die Athmung. Dieses verleiht ihm eine Wichtigkeit, wie sie keinem anderen Hirnnerven zukommt.

Betrachten wir die Kehlkopfzweige, so ergiebt sich, daß zwar beide 4326
zu den gemischten Nerven gerechnet werden müssen. Der obere zeichnet sich aber durch eine verhältnißmäßig geringe Empfindlichkeit und der untere durch die Herrschaft, welche er über die meisten Kehlkopfmuskeln übt, aus. Die Thiere, denen die beiden oberen Kehlkopfnerven durchschnitten worden, können Monate lang ohne erhebliche Athembeschwerden fortleben. Trennt man dagegen die unteren Kehlkopfzweige, so verrathen sich durchgreifendere Störungen, die sogar bisweilen den Tod binnen Kurzem nach sich ziehen.

Drückt man den oberen Kehlkopfzweig in Hunden oder Kaninchen zu- 4327
sammen, so erhält man in der Regel lebhafte Schmerzensäußerungen. Ist noch der Nerv mit dem Gehirn verbunden, so geht dann oft der Kehlkopf auf und nieder. Wiederholt man den Versuch an dem durchschnittenen Stamme, so verkürzen sich die dem Kehlkopfe benachbarten Theile des Schlundes und der Schild-Ringknorpelmuskel (Cricothyreoideus). Volkmann[1]) giebt an, daß sich der Ringschildknorpelmuskel, der obere Schlundkopfschnürer (Constrictor faucium supremus) und in Hunden und Kälbern der Zungenschildknorpelmuskel (Hyothyreoideus) zusammenzogen. Longet[2]) bemerkte, daß jene bewegenden Fasern nur dem äußeren Aste angehören. Der innere dagegen enthält nach ihm einzig und allein Empfindungsfasern. Durchschneidet man nur die letzteren, so bleibt auch die Stimme des Thieres unverändert. Trennt man dagegen die beiden äußeren Aeste oder die ganzen Stämme der oberen Kehlkopfzweige, so bringen die Hunde rauhe Töne hervor. Die Lähmung der Ringschildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) machte es unmöglich, daß die Stimmbänder der Länge nach gespannt werden (§. 3075.).

Ein Eingriff, der die unteren Kehlkopfnerven trifft, ruft die Schmer- 4328
zensäußerungen, welche die oberen herbeizuführen pflegen, nicht hervor. Man kann sie sogar in einzelnen Kaninchen oder Hunden, ohne daß sich die Thiere regen, zusammendrücken und abreißen. Prüft man sie unmit-

---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 434.
[2]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 273.

telbar nach dem Tode, so ziehen sich die Kehlkopfmuskeln, die bei dem oberen Aste nicht genannt wurden, (Cricoarytaenoidei lateralis und posticus, Thyreoarytaenoideus und Arytaenoideus transversus) zusammen. Da dieser Nervenzweig Muskeln, welche die Stimmbänder spannen (Cricoarytaenoideus posticus) und andere, welche sie erschlaffen (Cricoarytaenoideus lateralis und Thyreoarytaenoideus) gleichzeitig beherrscht, so ergiebt sich, daß auch hier wieder antagonistische Verkürzungsgebilde von demselben Hauptstamme versorgt werden. Man sieht zugleich, daß der untere Kehlkopfnerv nicht bloß, wie Magendie glaubte, die Erweiterung, sondern auch andere Veränderungen der Stimmritze zu leiten im Stande ist.

Legt man die einzelnen Kehlkopfmuskeln frisch getödteter Hunde durch möglichst einfache Schnitte bloß, so kann man sich von den oben erwähnten Bewegungskräften der beiden Kehlkopfzweige leicht überzeugen. Nur die queren Gießbeckenmuskeln (Arytaenoidei transversi) erfodern einige Vorsicht, weil man hier leicht die zu ihnen gehenden Nervenfasern durch die seitliche Spaltung des Kehlkopfes zerstört und daher den Einfluß, den der untere Kehlkopfszweig auf sie ausübt, vernichtet.

4329 Die Folgen, welche die Trennung der unteren Kehlkopfnerven nach sich zieht, wechseln im hohen Grade mit dem Alter des Thieres. Stellt man den Versuch in neugebornen Geschöpfen oder überhaupt in sehr jungen Hunden, Katzen oder Kaninchen an, so gehört es zur Regel, daß zugleich die Athmung in hohem Grade beschränkt wird oder daß selbst die Thiere an Erstickung binnen Kurzem zu Grunde gehen. Legt man eine Luftröhrenfistel an, so hebt man hierdurch jene lebensgefährlichen Zeichen auf, zum Beweise, daß der Verschluß der Stimmritze und die Unmöglichkeit, neue Athemluft in die Lungen einzuführen, die Hauptursachen der Athemnoth bilden. Wiederholt man dagegen die Nervendurchschneidung an erwachsenen Säugethieren, so bleiben jene lebensgefährlichen Zeichen, selbst wenn keine künstliche Oeffnung in der Luftröhre gemacht werden, aus. Die Stimmritze behält hier eine gewisse, für die Athmung hinreichende Breite bei.

4330 Legallois, der auf diesen Alterseinfluß zuerst aufmerksam machte, vermuthete schon, daß hier die Entwickelungsverschiedenheit des Kehlkopfes von wesentlicher Bedeutung ist und daß die das Einathmen begleitende Aspiration die Stimmritze junger Thiere vollständig schließt. Longet[1]) führte den Unterschied auf die Formverschiedenheit der Gießbeckenknorpel und der Athmungsstimmritze (Bd. II. §. 3073.) zurück. Diese fällt in jungen Thieren verhältnißmäßig sehr klein aus. Es fehlen hier noch die inneren Fortsätze der Gießbeckenknorpel. Soll die Athmungsaspiration keinen vollständigen Verschluß zu Stande bringen, so müssen sich die hinteren Ring-Gießbeckenmuskeln (Cricoarytaenoidei postici) zusammenziehen. Die Stimmglottis schließt sich dann, während die Athmungsglottis offen

[1]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 285. u. Recherches expérimentales sur les fonctions des muscles du larynx et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation. Paris 1841. 8. p. 19.

bleibt. Da aber jene Verkürzungsgebilde von den unteren und nicht von oberen Kehlkopfzweigen abhängen, so erklärt sich hieraus die Erstickungsgefahr, der junge Geschöpfe unterliegen. Aeltere Thiere bedürfen dieser Nebenhilfe nicht, weil sie starrere Begrenzungsgebilde und ausgebildetere Gießbeckenknorpel besitzen.

Hat man die rücklaufenden Kehlkopfzweige eines jüngeren Kaninchens, 4331
ohne daß Erstickungsgefahr eintrat, durchschneiden können, so ereignet es sich bisweilen, daß die Athembeschwerden nach der Trennung der oberen Kehlkopfnerven zunehmen. Die Lähmung der Ringschildknorpelmuskeln vergrößert daher die Neigung des Verschlusses der Stimmritze.

Die Unthätigkeit der beiden unteren Kehlkopfzweige scheint die Zahl 4332
der Athemzüge in älteren Thieren zu erhöhen. Hunde können aber Monate lang nach einem solchen Eingriffe ohne künstliche Luftröhrenfistel fortleben.

Wir haben gesehen (Bd. I. §. 1219.), daß sich die Stimmritze unter 4333
gesunden Verhältnissen bei dem Einathmen erweitert und bei dem Ausathmen verengt. Es ergiebt sich aus dem Früheren, daß sich die Stimmbänder vorzüglich von jüngeren Thieren, deren rücklaufende Kehlkopfzweige durchschnitten worden, bei dem Einathmen annähern und selbst wie Ventile zusammenklappen können. Hat man die beiden herumschweifenden Nerven in einem Hunde durchschnitten und die Stimmbänder von unten her bloßgelegt, so nähern sie sich dessenungeachtet im Augenblicke des Niederschluckens. Es kommt aber nach Traube[1]) zu keinem wasserdichten Verschlusse, wie im gesunden Zustande. Kaninchen lassen in dem gleichen Falle ein eigenthümliches Rasselgeräusch vernehmen und stoßen nach Schiff[2]) bei dem Kauen auf Schwierigkeiten, so wie man sie gleichzeitig in geistige Unruhe versetzt. Es kommt nach jenem Forscher in Hunden vor, daß sie das Schlucken durch eigenthümliche Bewegungen des Rückens unterstützen oder daß Hustentöne, Würgen oder Erbrechen der Nahrungseinnahme nachfolgen.

Jüngere Kaninchen und Hunde, deren untere Kehlkopfzweige getrennt 4334
worden, pflegen von selbst nicht zu schreien. Verursacht man ihnen aber heftige Schmerzen, reizt man z. B. den dreigetheilten Nerven, so bringen sie sehr feine und etwas rauhe Töne hervor. Hunde sollen nach Longet[3]) nur ein dumpfes Rasseln, wie wenn Luft durch die von den schlaffen Stimmbändern begrenzte Stimmritze des todten Kehlkopfes durchgetrieben wird, erzeugen können. Da die Ringschildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) thätig bleiben, so darf man schon theoretisch vermuthen, daß die Lähmung der unteren Kehlkopfzweige die Stimme nicht vollkommen vernichtet, sobald nur die Stimmritze den zur Tonbildung nöthigen Grad von Schmalheit erreichen kann.

Drückt man den Halsstamm des herumschweifenden Nerven da, wo 4335

---

[1]) Traube, in Griesinger's Archiv. Bd. VII. Stuttgart 1848. S. 467.
[2]) Schiff, in Roser, Wunderlich u. Griesinger's Archiv für physiologische Heilkunde. Stuttgart 1847. 8. S. 703 — 707.
[3]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 278.

er an der Halsschlagader herabgeht, zusammen, so verrathen einzelne Thiere lebhafte Schmerzensäußerungen, während sich andere ruhig verhalten. Diese Verschiedenheit kann in Kaninchen, Hunden, Katzen und Pferden wiederkehren. Man bemerkt nicht selten lebhafte Bewegungen der Speiseröhre. Romberg fand sogar im Pferde und Budge[1]) im Hunde, daß Husten jenem Eingriffe nachfolgte.

Es kommt hin und wieder, vorzüglich in Kindern, vor, daß skrophulöse Drüsen den Halsstamm des herumschweifenden Nerven, den oberen oder den unteren Kehlkopfzweig und einzelne Aeste der Lungengeflechte drücken, daß jene Nervenmassen von Geschwülsten eingehüllt und beengt werden. Man erklärte hieraus, weshalb dann im Leben Erstickungsanfälle, lallende oder pfeifende Hustentöne und Schleimrasseln aufgetreten waren [2]). Obgleich sich der herumschweifende Nerv in diesen Krankheitszeichen ohne Zweifel betheiligte, so waren doch die ärztlichen Erfahrungen nicht im Stande, manche Räthsel, die sich unter jenen Verhältnissen aufdrängen, zu lösen. Die Athemnoth kehrt meist bloß von Zeit zu Zeit wieder. Wäre auch nur ein herumschweifender Nerv gänzlich gelähmt, so ließe sich erwarten, daß eine gewisse Gruppe von Störungen unausgesetzt fortdauerte. Man hat andererseits bisweilen die beträchtlichsten der oben erwähnten Entartungen in der Leiche vorgefunden, ohne daß sich jene Beschwerden im Leben geltend machten. Dieser Umstand bestätigt von Neuem, daß die bloße Prüfung mit freiem Auge zu keinem bestimmten Ergebnisse führt und daß nur die sorgfältigste anatomische Verfolgung der einzelnen Zweige und die gewissenhafteste mikroskopische Untersuchung mehr Licht zu verbreiten verspricht.

4336 Schneidet man den Nerven an der eben erwähnten Stelle durch, so wird der untere Kehlkopfzweig gleichzeitig gelähmt. Man kann nachweisen, daß sich überdies der Einfluß, den der Halstheil des herumschweifenden Nerven ausübt, auf das Herz, die Luftröhre und die Lungen, die Speiseröhre und den Magen erstreckt. Die Wirkungen, die sich noch in der Regenbogenhaut des Auges und in den dünnen Gedärmen kund geben, werden uns in der Folge beschäftigen.

4337 Hat der Herzschlag eines frisch getödteten Säugethieres aufgehört, so kann man ihn bisweilen, wenn man den Halsstamm des herumschweifenden Nerven zusammendrückt, von Neuem anregen. Da aber die Thätigkeit des Herzens ohne äußere Veranlassung nicht selten wieder beginnt, so besitzt ein unvollkommeneres Ergebniß, das sich bisweilen darbietet, eine noch größere Beweiskraft. Es ereignet sich nämlich, daß nur einzelne oberflächliche Muskelfasern der Kammern in dem Augenblicke der Nervenreizung in Zuckungen gerathen und unmittelbar darauf still stehen.

4338 Ed. Weber[3]) und Budge[4]) haben diesen Einfluß, den der herumschweifende Nerv auf das Herz des Frosches ausübt, mit Hilfe der magnetelektrischen Rotationsmaschine noch deutlicher nachgewiesen. Läßt man die sich rasch wiederholenden Schläge auf die Halsstämme des herumschwei-

---

[1]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt a. M. 1842. 8. S. 75.

[2]) Vergl. z. B. M. H. Romberg, De Paralysi respiratoria. Berolini 1845. 4. pag. 4 — 12.

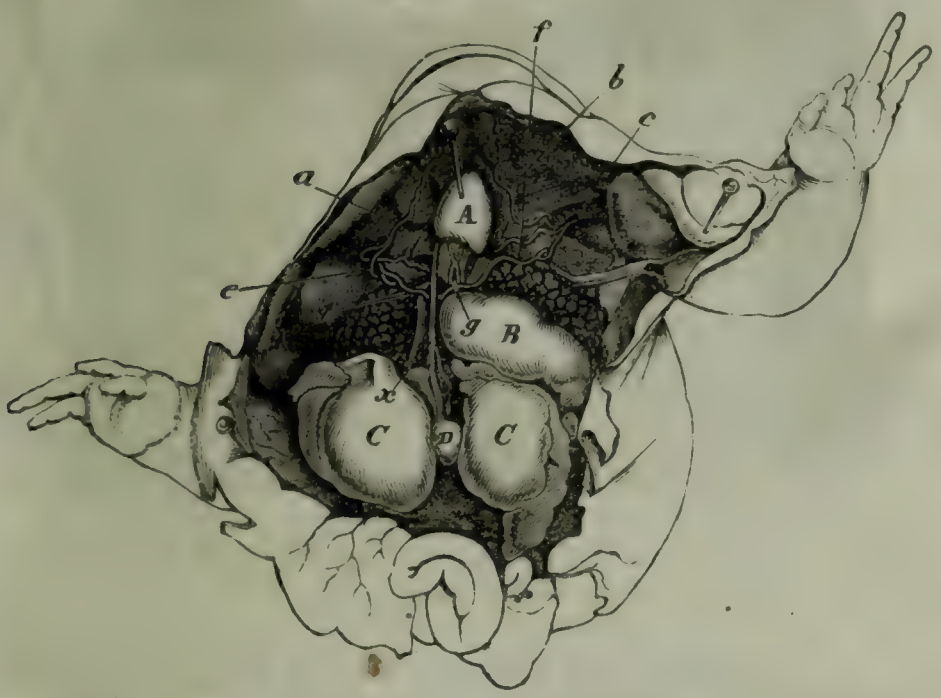
[3]) Ed. Weber, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. Braunschweig 1846. 8. S. 45.

[4]) Budge, Ebendaselbst. Bd. III. Abth. I S. 415.

fenden Nerven wirken, so erhält man ähnliche Wirkungen, wie sie Bd. II. §. 2216 als Folgen der unmittelbaren Berührung der Muskelmasse des Herzens beschrieben worden. Wir werden auf diese Erscheinungen bei der Betrachtung der Herzbewegungen ausführlicher zurückkommen. Hat man die herumschweifenden Nerven eines lebenden Hundes oder Kaninchens am Halse durchschnitten, so wird der Herzschlag schwächer, zitternder, unregelmäßiger und schneller.

Wir wollen eine von Budge gelieferte Abbildung wiedergeben, damit der Anfänger die Lage und die hier in Betracht kommende Hauptverbreitung des herumschweifenden Nerven des Frosches wenigstens ungefähr kennen lerne. *A* Fig. 346 soll die nach

Fig. 346.



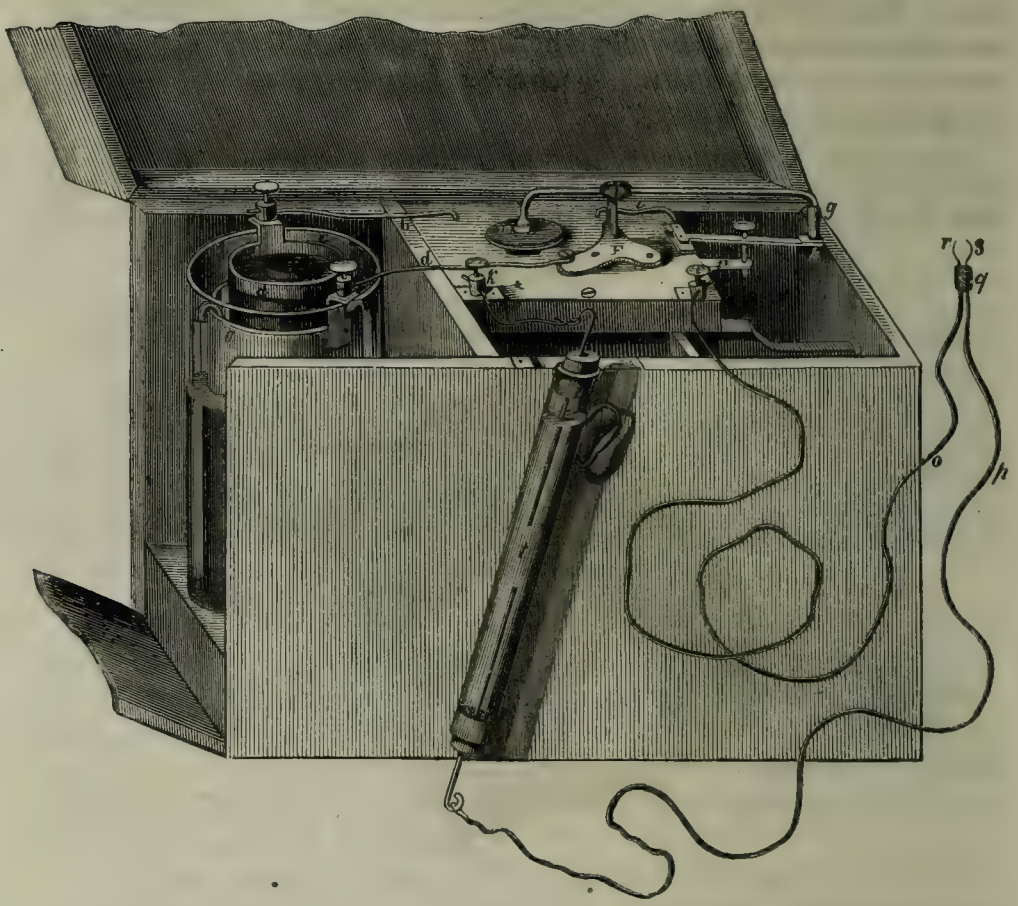
oben zurückgeschlagene Herzkammer, *B* den Magen, *C C* die Leber, *D* die Gallenblase, *x* die untere Hohlvene, *a* den Unterzungennerven (den ersten Rückenmarksnerven), *b* den Zungenast, *c* den Hauptstamm des herumschweifenden Nerven, wo er sich in den Kehlkopfast (*d*) und den Darmast theilt, *e* den Magenzweig, *f* den Herzzweig und *g* das Geflecht der Herzäste darstellen. Man entfernt das verlängerte Mark und legt die Dräthe des elektrischen Apparates an die Gegend der Austrittsstelle des herumschweifenden Nerven.

Es kommt in diesen und vielen anderen Versuchen, die wir später kennen lernen werden, viel darauf an, daß der elektrische Strom eine gewisse Stärke nicht überschreitet und daß er in einem gegebenen Wege von beträchtlicher Kürze dahingeht. Man kann nur unter diesen Bedingungen eine beschränkte Stelle des Nervensystems anregen und alle Täuschungen, welche die Fortleitung der Elektricität sonst herbeiführt, vermeiden. Fig. 347 (s. f. S.) zeigt uns den Heller'schen Magnetelektromotor, wie ich ihn zu solchen Nervenuntersuchungen gebraucht habe.

Ein unten geschlossener Kohlencylinder enthält mit Salpetersäure getränkten Quarzsand. Seine obere Oeffnung wird mit einem Korkzapfen geschlossen. Ein Kupferring *a* verbindet ihn mit dem Drathe *b*, der sich in die bald zu erwähnende stärkere Spirale fortsetzt. Ein beiderseits offener und der Länge nach aufgeschlitzter Zinkcylinder *c* verei-

nigt sich mit dem Drathe *d*. Beide Cylinder stehen in einem Glase *e*, das die nöthige Flüssigkeit enthält. Dünne, oben hackenförmig gebogene Glasstäbchen hängen an der In-

Fig. 347.



nenseite des Zinkcylinders *c*, damit dieser von dem in ihm befindlichen Kohlencylinder entfernt gehalten werde.

Der positive Strom geht von dem Zinke *c* durch den feuchten Leiter, die Kohle und den Ring *a* zu dem Drathe *b*. Dieser setzt sich im Innern des Kastens in eine kurze und starke Drathspirale fort, die in *i* hervortritt und durch die Unterlage *h*, den Hammer *g* und *F* und *d* in *c* ausläuft. Eine dünnere, ungefähr hundert Mal so lange Drathspirale ist um die stärkere gewickelt. Ihre Enden entsprechen den Schraubenstöcken *k* und *l*, in denen die Elektroden befestigt werden. Es erzeugt sich daher ein der starken Spirale entgegengesetzter Inductionsstrom in der dünnen Drathwindung.

Die Spiralwindungen enthalten einen Eisencylinder, der unter der Wechselplatte *m* liegt. Er wird im Augenblicke des Stromdurchganges magnetisch, zieht die Platte *m* hinunter und hebt den Hammer *g* von seiner Unterlage *h* ab. Die Leitung wird aber dann unterbrochen, der Strom und der Magnetismus hören auf. Es fällt *g* auf *h* und es erzeugt sich auf diese Weise die Arbeit des Hammerwerkes, die schon Bd. I. S. 189 erklärt worden.

Man hat vier verschiedene Mittel, um die Wirkungen des Apparates zu ändern:

1) Die anregende galvanische Kette. Ist der Kohlencylinder mit Salpetersäure frisch durchtränkt worden, so braucht man das Glas *e* nur ungefähr zu $^1/_4$ bis $^1/_8$ mit Wasser zu füllen, um die für die Reizversuche nöthige Stromstärke zu erzielen. Will man kräftigere Anregungen gebrauchen, so nimmt man statt Wasser Kochsalzlösung oder verdünnte Schwefelsäure. Die Wirkungen steigern sich im Allgemeinen nach Maaßgabe der

Reihenfolge, in der die Flüssigkeiten eben angeführt worden. Arbeitet der Magnetelektromotor längere Zeit, so nimmt seine Kraft ab. Befeuchtet man den Quarzsand mit frischer Salpetersäure, so stellt man sie von Neuem her. Diese ändert sich überhaupt im Laufe des Versuches. Sie ist im ersten Augenblicke sehr schwach, erreicht aber eine bedeutende Höhe nach einigen Secunden oder Minuten und sinkt später nach und nach. Hat man den Kohlencylinder zu häufig gebraucht, so muß man ihn auswaschen, austrocknen oder ausglühen, um ihm den nöthigen Porositätsgrad wiederzugeben.

2) Die bei *n* befindliche Stellschraube kann bewirken, daß die Länge des Weges, welche der Hammer *g* bei dem Herabfallen durchlaufen muß, wechselt. Vergrößert sich jener Abstand, so verkleinert sich auch die zu derselben Zeiteinheit gehörende Menge der Schließungen und Oeffnungen der Kette und umgekehrt. Die physiologische Wirkung nimmt demgemäß ab oder zu.

3) Will man kräftige Schläge erhalten, so befestigt man starke, einfache oder eingesponnene übersilberte Kupferdräthe an *k* und *l*. Soll dagegen der elektrische Einfluß schwach und beschränkt bleiben, so nimmt man übersilberte Kupferdräthe *o* und *p*, die nur ungefähr $\frac{1}{3}$ Mm. im Durchmesser haben und mit Ausnahme ihrer beiden Enden mit Siegellack überzogen sind, wie es Fig. 347 andeutet. Man klebt sie in *q* mit Siegellack an einander. Die hervorragenden Endtheile *r* und *s* bleiben metallisch. Sie können dann bis auf eine kleine beliebige Entfernung zusammengebogen werden. Man faßt das Ganze bei *q* und legt es an einen kleinen Bezirk des Nervensystems an.

4) Soll die Wirkung noch mehr geschwächt werden, so schaltet man den Moderator *t* ein. Die Einrichtung dieses Theiles ist schon Bd. II. Abth. I. S. 84. 85 beschrieben worden. Man kann die Wirkungen ändern, je nachdem man die Dräthe nähert und entfernt oder Wasser, Weingeist oder Oel als Zwischenflüssigkeit gebraucht.

Man darf mit Recht vermuthen, daß die Vaguszweige, welche das 4339
Herz aufsuchen, nicht bloß bewegende centrifugale, sondern auch centripetale Fasern enthalten. Es ist nicht möglich, diese Ansicht auf dem Wege des Versuches mit Sicherheit zu erhärten. Wir werden aber einige Erscheinungen, welche jene Meinung unterstützen, später kennen lernen.

Es wurde schon §. 2436 bemerkt, daß der herumschweifende Nerv 4340
die Verkürzung der Luftröhre und der Luftröhrenverzweigungen anzuregen vermag. Hat man die beiden Vagusstämme hoch oben am Halse durchschnitten, so kann man die Luftröhrenschleimhaut mechanisch oder chemisch reizen, ohne daß Hustenbewegungen hervorgerufen werden.

Drückt man den Stamm des herumschweifenden Nerven in lebenden 4341
oder todten Säugethieren zusammen, so erhält man lebhafte Bewegungen der Speiseröhre (§. 2332 fgg.). Die Speiseröhrengeflechte führen zu ähnlichen Ergebnissen. Kaninchen, denen die beiden herumschweifenden Nerven am Halse durchschnitten worden, leiden, wie wir bald sehen werden, an theilweiser Lähmung der Schlingwerkzeuge. Da aber Fäden der Speiseröhrenzweige bis zur Schleimhaut vordringen, so kann man mit Recht voraussetzen, daß sie nicht bloß bewegende, sondern auch empfindende Fasern einschließen.

Reizt man den Halstheil des herumschweifenden Nerven in frisch ge- 4342
tödteten Hunden, Katzen, Kaninchen oder Pferden auf mechanischem Wege, so erhält man nicht selten deutliche Bewegungen im Magen. Er zieht sich bisweilen im Ganzen zusammen, schnürt sich in anderen Fällen durch eine Furche, die sich von der großen zur kleinen Bogenkrümmung hinzieht, ab und verfällt in noch anderen in ein Wellenspiel, das meist von der Cardia nach dem Pförtner quer fortschreitet. Setzte ich den durchschnit-

tenen und auf einer Glasplatte gesonderten Halsstamm des herumschweifenden Nerven der Wirkung des Magnetelektromotors im Hunde oder im Kaninchen aus, so erzeugten sich häufig binnen Kurzem mehrere tiefe Einschnürungen im Magen. Eine sehr lebhafte Wurmbewegung kam in anderen Versuchen zum Vorschein.

Es ereignet sich manches Mal, daß der Magen trotz der Anregung des herumschweifenden Nerven ruhig bleibt. Diese unglücklicheren Erfahrungen verführten früher einzelne Forscher, den bewegenden Einfluß, den der Vagus auf den Magen ausübt, in Abrede zu stellen. Andere suchten die Verschiedenheit des Erfolges von den Füllungsverhältnissen des Magens herzuleiten. Longet [1]) und Blondlot nahmen an, daß der leere Magen keine Bewegungserscheinungen darzubieten pflegt. Ich konnte jedoch sehr lebhafte Verkürzungen in einer Katze, die mehrere Tage vor dem Versuche gehungert hatte und in deren Magen nur einige zusammengeballte Haare vorhanden waren, zu wiederholten Malen wahrnehmen. Kaninchen, die kurz vor dem Tode gefressen hatten, boten sie ebenfalls in vielen Fällen dar. Es beruht daher auf einem Irrthume, wenn man behauptet hat, daß die beiden Extreme der Füllung die Wirkung vereiteln.

Da der herumschweifende Nerv die Speiseröhre verkürzt, so könnte man, wie es scheint, die Magenbewegungen davon herleiten, daß die Speiseröhre an dem Magen zieht und die Muskelhaut desselben auf rein mechanische Weise anregt. Die Erfahrung widerlegt jedoch diese Auffassungsweise. Man bemerkt häufig die Wurmbewegungen, ohne daß sich der Magen im Ganzen im Geringsten verrückt. Die örtlichen Einschnürungen bilden sich in der Regel in der Mitte des Magens oder wenigstens an einem von der Cardia entfernten Punkte, während sich diese vollkommen ruhig verhält. Es kommt in einzelnen Fällen vor, daß nur die Pförtner-, nicht aber die Cardiahälfte den Reiz beantwortet. Schneidet man endlich das untere Ende der Speiseröhre, ohne die benachbarten Vagusstämme zu verletzen, los, so erhält man im Kaninchen häufig genug die verschiedensten Formen der Magenverkürzung so wie man einen der beiden Halstheile des herumschweifenden Nerven anspricht.

4343 Die anatomische Untersuchung lehrt, daß Zweige des herumschweifenden Nerven in das Sonnengeflecht und die Lebergeflechte eintreten. Es erklärt sich hieraus, weshalb der Halstheil jenes Nerven die dünnen Gedärme im Hunde und diese nebst dem Dickdarme in Kaninchen zur Wurmbewegung bestimmen kann. Wir werden auf diese Thatsachen in der Folge zurückkommen.

4344 Man darf mit Recht voraussetzen, daß die Magenzweige des herumschweifenden Nerven empfindende und bewegende Fasern zugleich enthalten. Einzelne bald zu erwähnende Thatsachen unterstützten diese Annahme.

4345 Hat man den Halsstamm des herumschweifenden Nerven in einem älteren Geschöpfe, z. B. einem Hunde, einer Katze, einem Pferde oder einem Kaninchen an der einen Seite durchschnitten, so kann sich das Leben, wenn selbst der Nerv nicht wiederhergestellt wird, sehr lange erhalten. Ein Hund, den ich auf diese Weise operirt hatte, blieb noch mehr als drei Jahre vollkommen wohl. Nimmt man die Verkleinerung des Sehloches aus, so verrieth er keine Beschwerden mehr, sobald nur einige Zeit nach der Verletzung verstrichen war. Die Leichenöffnung lehrte aber, daß sich die beiden Abschnitte des herumschweifenden Nerven wechselseitig entfernt hatten, daß sie merklich geschwunden waren und daß ihre Enden in dünne,

[1]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 223.

an die Nachbarmuskeln geheftete Fäden ausliefen. Junge Katzen oder Kaninchen dagegen gehen eher zu Grunde.

Ist der Versuch an einem Hunde angestellt worden, so verkleinert sich 4346
das Sehloch des Auges der entsprechenden Seite. Das dritte Augenlid wird vorgezogen. Man bemerkt bisweilen eine stärkere Röthung der Bindehaut und eine Vermehrung des Schleimabflusses und der Thränenaussonderung. Molinelli[1]) wollte auch eine Farbenveränderung der Regenbogenhaut und eine Abnahme des Pigmentes an einzelnen Stellen beobachtet haben. Diese Erscheinung ist mir in meinen Versuchen nicht aufgefallen. Longet[2]) stellt sie ebenfalls in Abrede. Die Stimme der Hunde pflegt etwas rauher oder heiserer zu erscheinen. Die Athemzüge werden rascher, hin und wieder tiefer. Das Thier leidet beim Laufen an sichtlicheren Athembeschwerden. Jüngere Geschöpfe können schon das Gleiche in der Ruhe darbieten. Kaninchen oder kleine Katzen zeigen oft Schleimrasseln und selbst einen keuchenden oder pfeifenden Athem. Manche Thiere bleiben in der ersten Zeit ruhig, sind traurig oder abgeschlagen und nehmen keine Nahrung zu sich. Es kommt aber bisweilen umgekehrt vor, daß junge Hunde so beträchtliche Mengen von Milch verzehren, daß ihnen die Magengegend sichtlich anschwillt und daß Erbrechen oder Durchfall nachfolgen. Das Schlingen stößt meist auf keine wesentlichen Schwierigkeiten. Es ereignet sich jedoch, daß es hin und wieder Husten nach sich zieht. Das Herz klopft bisweilen schneller und schwächer.

Ein Säugethier oder ein Vogel, dem die beiden Halsstämme des her- 4437
umschweifenden Nerven getrennt worden, geht in kurzer Zeit zu Grunde. Da hierbei die unteren Kehlkopfzweige gelähmt werden, so unterliegen junge Hunde, Katzen oder Kaninchen binnen Kurzem, so wie man keine Luftröhrenfistel anlegt (§. 4329.). Gebraucht man aber auch diese Vorsicht, so sterben selbst ältere Thiere doch nach wenigen Tagen. Hunde oder Kaninchen leben in der Regel nur 1 bis $2\frac{1}{2}$, die ersteren in einzelnen Fällen auch 4 oder 5, Hühner und Tauben kaum mehr, als 4 Tage.

Die Thiere werden dann sogleich auffallend traurig. Sie bleiben ge- 4348.
wöhnlich ruhig an der Wand des Behälters sitzen, kümmern sich nicht um das, was in ihrer Nähe vorgeht, lassen sich selbst nicht durch Stöße zu ausgedehnteren Bewegungen verleiten und nehmen oft keine Nahrung von selbst zu sich. Tritt später eine fieberhafte Aufregung ein, so verrathen Hunde, wie es scheint, deutliche Zeichen des Durstes. Es ereignet sich auch, daß sie größere Mengen von Milch oder von anderen Nahrungsstoffen verzehren. Das Schlingen stößt auf Schwierigkeiten. Die Thiere suchen die Lähmung der Speiseröhre durch Biegungen des Kopfes oder des Rückens unschädlich zu machen. Ein Theil der Nahrungsmittel gelangt auf diese Weise in den Magen. Man findet aber nicht selten eine größere oder geringere Menge von Bruchstücken derselben in der Speise-

---

[1]) Molinelli, in De Bononiensi artium et scientiarum Instituto atque Academia Commentarii. Tom. III. Bononiae 1755. 4. p. 290.

[2]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 353.

röhre. Manche fallen auch wieder aus dem Munde des sich anstrengenden Thieres heraus. Man bemerkt oft in Kaninchen, daß Ueberreste der Nahrungsmittel durch die Stimmritze gegangen und nicht bloß in die Luftröhre, sondern auch in die größeren und kleineren Luftröhrenverzweigungen eingedrungen sind. Hunde erbrechen sich häufig. Da die Speiseröhre gelähmt ist, so müssen hierbei unzweifelhaft die Speisemassen ohne selbstständige Nebenhilfe jenes Theiles in die Mundhöhle zurückkehren. Das Erbrechen selbst ist meist mit heftigen Ausathmungsstößen verbunden. Die Athmung wird nach und nach beschwerlicher. Die einzelnen Athemzüge folgen sparsamer auf einander. Sie gewinnen zugleich an Tiefe, so wie die Athembeschwerden heftiger eingreifen. Hat man den Versuch an jungen Albinokaninchen angestellt, so kann man bisweilen deutlich wahrnehmen, wie die Ohren in stärkerem Grade geröthet und zwar zuerst hochroth und später blauroth erscheinen. Die Lippen, die Zunge, die Ränder der Nasenlöcher anderer Säugethiere oder der Kamm der Hähne erhalten ebenfalls eine schwärzlich blaue Farbe, sobald die Störung der Athmung die gehörige Umwandlung und die regelrechte Vertheilung des Blutes gestört hat. Die Eigenwärme sinkt zugleich. Sie kann sich dagegen in Vögeln kurz vor dem Tode oder auch früher mit der Zunahme der Menge der Athemzüge von Neuem vergrößern [1]). Das Thier fühlt sich kälter an, es friert zugleich bei den geringsten Veranlassungen. Greift die Athemnoth der Hunde oder der Kaninchen tiefer ein, so bemerkt man lebhafte Bauchathmung und nicht selten Schleimrasseln oder Sägegeräusche bei jedem Athemzuge. Der Tod kann endlich ohne weitere stürmische Zeichen eintreten. Es ereignet sich aber auch vorzüglich in Kaninchen, daß sie in ihren letzten Augenblicken unruhig werden, rasch dahinschießen oder plötzlich umsinken und unter heftigen Krämpfen zu Grunde gehen.

4349 Oeffnet man dann die Leiche, so findet man, daß die Schleimhaut des Magens, wenn dieser Speisereste enthält, sauer reagirt. Sie selbst oder deren Wasserauszug kann zu künstlichen Verdauungsversuchen benutzt werden. Das Gleiche gilt von dem Kropfe der Hühner, denen die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten worden. Eiweißwürfel werden vollkommen aufgelöst. Es bedarf hierzu bisweilen nur der Sonnenwärme und selbst keines fremdartigen Zusatzes von Säure. Wir können hieraus schließen, daß die Trennung der beiden herumschweifenden Nerven die Absonderung eines sauern wirksamen Magensaftes nicht unmöglich macht. Diese Folgerung wird noch insofern bestättigt, als Hunde die Milch, welche sie zu sich genommen, zum Theil geronnen ausbrechen.

4350 Wenn manche Forscher die Absonderung des Magensaftes oder die Fortdauer der Magenverdauung von dem Einflusse des herumschweifenden Nerven abhängig machten, so können schon die eben erwähnten Thatsachen diese Ansicht zurückweisen. Die vergleichende Untersuchung gesunder und

---

[1]) Fr. Arnold, Bemerkungen über den Bau des Hirns und Rückenmarks nebst Beiträgen zur Physiologie des zehnten und eilften Hirnnerven. Heft I. Zürich 1838. 8. S. 116 fgg.

operirter Thiere führt zu genaueren Bestimmungen. Der Magen von Hunden, deren herumschweifende Nerven durchschnitten worden, enthält noch die Fleischstücke, die sie 12 bis 24 Stunden vorher zu sich genommen haben. Sie sind nur an ihrer Oberfläche mit Schleim überzogen und theilweise angegriffen. Sie pflegen dagegen in dem Magen gesunder Hunde in beträchtlich kürzerer Zeit aufgelöst zu werden. Obgleich der Magen der Kaninchen fast immer Speisereste führt, so kann man sich doch auch hier in vergleichenden Beobachtungen überzeugen, daß die Futtermassen nach der Trennung des herumschweifenden Nerven länger verweilen. Der große Nahrungsballen ist nur äußerlich mit einer schleimigten Schicht, welche halb aufgelöste Stoffe enthält, bekleidet. Das Epithelium der Magenschleimhaut geht zugleich in einzelnen Lappen leichter ab. Die Milchgefäße von Hunden, deren herumschweifende Nerven getrennt worden, können reichliche Mengen eines weißen Milchsaftes in geeigneten Fällen einschließen.

Wir haben schon in der Verdauungslehre die vielseitigen Wirkungen 4351
der Magenbewegungen kennen gelernt. Sie bedingen es, daß die Speisemasse mit Magensaft reichlicher bestrichen und durchtränkt wird. Es hängt von ihnen ab, daß das Verflüssigte in den Zwölffingerdarm übergeht und daß neue Schichten von Magensaft das Zurückbleibende einhüllen. Sie begünstigen endlich den Austritt des Magensaftes aus den in der Schleimhaut eingebetteten Schleimdrüsen. Da die herumschweifenden Nerven die Muskelhaut des Magens beherrschen, so haben manche Forscher angenommen, daß die Verletzung jener Nervenstämme die Mechanik der Magenbewegung gänzlich aufhebt und die Verdauung aus diesem Grunde verzögert. Die Erfahrung spricht aber gegen diese Vorstellungsweise. Sind auch die Lungenmagennerven eines frisch getödteten Kaninchens durchschnitten worden, so können noch Magenbewegungen, wie wir später sehen werden, künstlich angeregt werden. Da bisweilen die Saugadern des Dünndarmgekröses in Thieren, deren Vagi getrennt waren, mit Milchsaft gefüllt sind, so darf man hieraus schließen, daß Speisemassen in den Zwölffingerdarm übergeführt werden. Man kann daher nur vermuthen, daß die Magenbewegungen verlangsamt oder sparsamer werden, daß ihr regelmäßiges Zusammenwirken aufhört. Es läßt sich aber für jetzt nicht entscheiden, ob nur dieser Umstand oder noch andere Verhältnisse die Verzögerung der Magenverdauung herbeiführen. Blutüberfüllung oder andere untergeordnete Störungen der Magenschleimhaut gesunder Menschen und Thiere können schon die Auflösung der festen Eiweißkörper in Magen beeinträchtigen. Bedenkt man überdies, daß die Chemie noch nicht im Stande war, die feinere Zusammensetzung des Magensaftes zu ermitteln, so wird man zugeben, daß hier ein völlig entscheidendes Urtheil zu den Unmöglichkeiten gehört.

Wir haben §. 4348 gesehen, daß Hunde, in denen die Lungenmagennerven getrennt worden, Zeichen von Durst deutlich verrathen können. Viele Forscher haben aber das Hungergefühl von dem zehnten Hirnnervenpaare abhängig gemacht. Ein Geschöpf, dessen Vagi nicht mehr mit dem Gehirn zusammenhängen, würde hiernach keinen Appetit

haben. Nähme es aber Nahrung zu sich, so füllte es seinen Magen so lange, bis der Druck des ausgedehnten Organes die Nachbargebilde beeinträchtigt, weil zugleich das Sättigungsgefühl verloren gegangen ist. Die Beobachtungen, welche man in dieser Hinsicht an Thieren macht, führen meistentheils zu nicht ganz scharfen Ergebnissen. Man bemerkt in vielen Fällen, daß sich die traurigen Geschöpfe um die vorgesetzte Nahrung wenig kümmern. Genießen sie Speisen, so verräth sich allerdings bisweilen eine gewisse Gefräßigkeit, z. B. in jüngeren Hunden, in denen selbst nur ein Lungenmagennerv durchschnitten worden.

Passende Krankheitsbeobachtungen, die man an dem Menschen anstellt, werden diesen Punkt erst vollständig erledigen können. Man hat hier allerdings bemerkt, daß Appetitlosigkeit und Gefräßigkeit zugleich vorkamen und daß das Gefühl der Vollheit des Magens mangelte [1]). Da aber auch der Durst in Einzelfällen angeblich fehlte, so müssen fernere Erfahrungen den Thatbestand noch genauer feststellen.

In den Magen eingeführte Gifte sollten nach manchen Forschern nach der Durchschneidung der Vagi wirkungslos bleiben. Da die Aufnahme in das Blut keineswegs gehemmt ist, so widerstreitet diese Ansicht schon den bekannten Lebensgesetzen. Man vermag sich auch durch Versuche leicht zu überzeugen, daß ein Kaninchen, dessen herumschweifende Nerven getrennt worden, durch Strychnin zu Grunde geht.

Bernard glaubte diesen Satz in gewisser Beziehung umkehren zu müssen. Amygdalin und Emulsin bilden für sich unschädliche Körper. Werden sie dagegen in Wasser zusammengebracht, so entwickelt sich Blausäure, die ihre giftigen Eigenschaften auf der Stelle entfaltet. Hatte nun Bernard die beiden herumschweifenden Nerven eines Hundes durchschnitten und gab er ihm zuerst Emulsin und eine halbe Stunde später Amygdalin, so starb das Thier eine Viertelstunde darauf unter allen Zeichen der Blausäurevergiftung. Wiederholte er aber den Versuch an einem gesunden Hunde, so blieb dieser unversehrt. Bernard schloß hieraus, daß der Nerveneinfluß und die durch ihn bedingte Absonderung des Magensaftes die gegenseitige Einwirkung des Amygdalin und Emulsin aufhebt und die Bildung der giftigen Blausäure verhütet.

Eine Beobachtung, die ich mit Müller anstellte, streitet gegen diese Anschauungsweise. Wir flößten eine Emulsinmischung einem gesunden Kaninchen ein, ließen es dann eine halbe Stunde in Ruhe und gaben ihm endlich so viel in lauem Wasser vertheilten Amygdalins, daß die Menge der erzeugten Blausäure ungefähr 186 Milligramm betrug. Das Thier bekam schon wenige Minuten später Krämpfe und verschied binnen Kurzem. Der Magen enthielt noch eine Menge von Futterstoffen neben den eingeflößten Massen. Diese, so wie das Blut, welches durch einen am Halse veranstalteten Aderlaß entzogen worden war, rochen deutlich nach Blausäure. Ein negativer Erfolg könnte hier dadurch zu Stande kommen, daß zu wenig Wasser dem Amygdalin und Emulsin beigemischt und deshalb die reichliche Bildung von Blausäure verhütet wird.

4352 Man hat den Tod, den die Trennung der beiden herumschweifenden Nerven nach sich zieht, von den verschiedensten Ursachen herzuleiten gesucht. Willis [2]) hob vorzugsweise die gestörte Bewegung des Herzens und die Blutgerinnung, die er in ihm und den Gefäßen bemerkt hatte, hervor. Piccolhomini, Lower und Boyle stützten sich auf ähnliche Voraussetzungen. Man kann zugeben, daß das Herz in doppelter Hinsicht leidet. Ein Theil der Nervenfasern, die einen wesentlichen Einfluß auf die Thätigkeit desselben ausüben, ist unmittelbar verletzt. Die Athembeschwerden müssen anderseits auf die Kreislaufsverhältnisse zurückwirken. Diese Einflüsse können die Stärke des Herzschlages schwächen. Sie heben aber den Kreislauf nicht unmittelbar auf. Keines der Zeichen, die wir nach der Vagusdurchschneidung bemerken, deutet darauf hin, daß nur die gestörte Mechanik des Kreislaufes den Tod herbeiführt.

[1]) Siehe Fr. Arnold, a. a. O. S. 124. Longet, a. a. O. Tome II. p. 367.
[2]) Th. Willis, Opera medica et physica. Lugd. 1676. 4. p. 368. 369.

Die Ansichten, welche die Leiden der Verdauungswerkzeuge zu Hilfe 4353
ziehen, fußen eben so wenig auf einer sicheren Grundlage. Wenn z. B. Blainville und zum Theil sogar Willis voraussetzten, daß die Verdauung aufgehoben sei und daß die Thiere dem Hungertode unterliegen, so zeugen die oben angeführten Thatsachen gegen diese Annahme. Bernard glaubte, daß sich eine übermäßige Menge von Speisen in der gelähmten Speiseröhre anhäuft, daß diese Massen die Luftröhre zusammendrücken und den Erstickungstod nach sich ziehen. Man findet aber oft genug die Speiseröhre älterer Säugethiere, die nach der Trennung der beiden Vagi gestorben sind, leer. Sie enthält fast nie so reichliche Mengen von Futterstoffen, daß die Leichenöffnungen jene Erklärung irgendwie begründen könnten.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Ursache des tödtlichen Ausgan- 4354
ges in den Athmungsverhältnissen gesucht werden muß. Das Bedürfniß der Ein- und der Ausathmung wird durch jene Operation nicht aufgehoben. Es ändert sich nur die Art der Athmungsmechanik. Die Letztere hängt, wie wir später sehen, von dem verlängerten Marke allein ab. Sie dauert nicht bloß nach der Trennung des herumschweifenden Nerven, sondern auch nach der Ausrottung der Lungen fort. Eben so wenig kann der Verschluß der Stimmritze als der ausschließliche Grund des tödtlichen Erfolges angesehen werden, weil die Herstellung einer Luftröhrenfistel das Leben nur bisweilen verlängert, nie aber für längere Zeit rettet. Das Blut solcher Thiere wird dessen ungeachtet nach und nach dunkelroth. Die Erstickungszeichen bleiben nicht aus. Wir müssen daher die nachtheiligen Folgen von dem Einflusse, der auf die Lungen selbst und von da auf die Umwandlung des Blutes ausgeübt wird, und von der hierdurch bedingten Erstickung herleiten. Die Veränderungen, welche die Lungen erleiden und die Ursachen, aus denen man die Entartung erklärt hat, werden uns bei der Betrachtung der Ernährungseinflüsse der Nerven ausführlicher beschäftigen.

Bischoff[1]) bemühte sich, auf dem Wege des Versuches zuerst nach- 4355
zuweisen, daß die Stimmbildung von den Wurzeln des Beinerven abhängt. Die versteckte Lage dieser Theile und die heftige Blutung, welche der Versuch nach sich zieht, vereitelte zwar die meisten Bemühungen. Die Beobachtung gelang jedoch endlich in einer Ziege vollständiger. Waren die Wurzeln des Beinerven an einer Seite durchschnitten, so wurde die Stimme rauher. Die Trennung der Wurzelfäden der anderen Seite hob sie gänzlich auf. Longet[2]), dessen Versuche nicht vollkommen glückten, überzeugte sich wenigstens, daß die Stimme schon rauher ward, so wie man nur eine Reihe von Beinervwurzeln verletzt hatte. Die Heiserkeit nahm sogar mit der Menge der durchschnittenen Ursprungsfasern zu. Morganti erhielt im Esel ähnliche Ergebnisse, wie Bischoff. Volkmann[3]) läugnete da-

[1]) Bischoff, N. aecessorii anatomia et physiologia. p. 94.
[2]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 263. 264.
[3]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. Braunschweig 1845. 8. S. 590.

gegen, daß der Beinerv irgend einen Einfluß auf die Kehlkopfmuskeln ausübt und schrieb die Stimmlosigkeit den zufälligen Störungen, welche die Vaguswurzeln durch das Bloßlegen und die Blutgerinsel erlitten, zu. Die Beobachtungen von Bernard[1]), in welchen die Ursprünge des Beinerven bei unverletztem Schädel ausgerissen wurden, bekräftigten aber von Neuem, daß die Stimmbildung von dem Beinerven abhängt und meine eigenen Versuche zeugen ebenfalls für die gleiche Auffassungsweise.

Junge Katzen oder Kaninchen können zu diesen Prüfungen am besten dienen. Man legt den Halsstamm des herumschweifenden Nerven bloß, verfolgt ihn mittelst des stumpfen Messerstieles bis zu dem zerrissenen Loche und sucht hier den angrenzenden und sich nach hinten begebenden äußeren Ast des Beinerven auf. Man faßt diesen mit einer gewöhnlichen oder noch besser mit einer Torsionspincette und reißt ihn mit einem kräftigen Zuge aus dem zerrissenen Loche heraus. Es gelingt bisweilen, daß eine sehr lange Wurzelmasse, die aus einer Reihe von Fäden besteht, hervorkommt. Bernard behauptet, daß alle Ursprungsbündel bei dieser Gelegenheit getrennt werden, Schiff[2]) dagegen, daß die, welche sich mit dem herumschweifenden Nerven verbinden, unversehrt bleiben. Soll ich nach einer Reihe von Versuchen, die ich an Kaninchen und Katzen anstellte, urtheilen, so muß ich bekennen, daß die Ergebnisse, die man erhält, vom Zufall abhängen. Ein zu geringer Zug, die zu innige Verwachsung des äußeren Astes des Beinerven mit seinen Nachbargebilden, der Gebrauch einer zu schmalen oder zu schwachen Pincette können den vollständigen Erfolg vereiteln. Diese unglücklicheren Erfahrungen lehren aber dessenungeachtet sehr deutlich, daß die Stimmbildung von dem Beinerven abhängt.

Gelingt die Beobachtung an etwas älteren Thieren an beiden Seiten vollständig, so hat das Geschöpf nach Bernard die Fähigkeit der Stimmbildung gänzlich verloren. Ich pflege immer die äußeren Aeste der beiden Beinerven auf die oben erwähnte Weise bloßzulegen und, ehe ich sie ausreiße, die Halsnerven mit dem Magnetelektromotor zu reizen. Das Thier schreit dann mit voller Stimme. Hat man auch nur einen Beinerven mit Glück ausgerissen und wiederholt dann den gleichen elektrischen Versuch, so bemerkt man auf der Stelle, daß sich die Stimme wesentlich verändert hat.

Man kann sich aber auch von dem eben Gesagten selbst in unglücklicheren Versuchen auf mittelbarem Wege überzeugen. Ich hatte z. B. die äußeren Aeste der beiden Beinerven in einem jungen Kaninchen ausgerissen. Drückte ich den Endtheil des ausgezogenen langen Fadens der linken Seite zusammen, so erhielt ich Bewegungen in dem unter dem Kehlkopfe gelegenen Theile der Speiseröhre, zum Beweise, daß ich noch andere Wurzelfäden, als die, welche dem späteren äußeren Aste angehören, entfernt hatte. Ließ ich den Magnetelektromotor auf die Halsnervenstämme wirken, so schrie das Thier auf das Lebhafteste. Die feinen und hohen Töne hielten ohne Unterbrechung an. Sie glichen ziemlich denen, welche gesunde Thiere unter ähnlichen Verhältnissen von sich geben. Riß ich nun noch den linken herumschweifenden Nerven aus und wiederholte die elektrische Reizung von Neuem, so krümmte sich das Thier auf das Lebhafteste. Es öffnete den Mund und versuchte abermals zu schreien. Es kam aber kein Laut, sondern nur ein starker Luftstoß zum Vorschein. Ich durchschnitt nun noch den rechten herumschweifenden Nerven in der Mitte des Halses. Wurden jetzt die Halsnerven mit den Dräthen des Magnetelektromotors angesprochen, so erhielt ich völlig die gleichen Ergebnisse, wie nach der Ausreißung des linken herumschweifenden Nerven. Es ergiebt sich hieraus, daß der Versuch nur an dem linken Beinerven, obgleich dessen ausgerissener Theil bewegende Fäden der Speiseröhre enthielt, unvollkommen gelungen war und daß erst die Trennung der Wurzelfäden des Beinerven an beiden Seiten die Stimme völlig aufhebt.

Sucht man den äußeren Ast des Beinerven mit dem stumpfen Messerstiele auf, so verliert das Thier, wie in allen ähnlichen Eingriffen, fast gar kein Blut. Eine größere Lebensgefahr liegt darin, daß bisweilen Wurzeln des herumschweifenden gleichzeitig verletzt werden. Es ist mir wenigstens eine junge Katze nach einigen Tagen zu Grunde gegangen, ohne daß ich eine andere Todesursache annehmen konnte.

[1]) Cl. Bernard, in den Archives générales de Médecine. Paris 1844. 8. Avril. p. 397 — 426. Mai p. 51 — 93.

[2]) Schiff, a. a. O. S. 770.

Während etwas ältere Kaninchen oder Katzen ihre Stimme unter 4356
jenem Eingriffe ganz verlieren können, ereignet es sich in sehr jungen Geschöpfen, daß sie noch feine Töne, die jedoch von ihrer gewöhnlichen Stimme deutlich abweichen, hervorzubringen im Stande sind. Dieser Unterschied hängt wahrscheinlich mit den schon §. 4330 erwähnten Eigenthümlichkeiten des Kehlkopfes zusammen. Bernard[1]) überzeugte sich außerdem, daß die Stimmritze offen bleibt, die Stimmbänder nicht mehr gespannt und die Ring-Schildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) nicht mehr zusammengezogen werden. Die Kehlkopfschleimhaut behält dagegen ihre Empfindlichkeit bei.

Die stimmlos gemachten Thiere können Wochen lang fortleben. Der 4357
Beinerv muß daher jedenfalls die Stimmfähigkeiten des Kehlkopfes nachdrücklicher, als die Athmungseinflüsse desselben beherrschen. Kaninchen bieten keine Erstickungsgefahr, auch wenn man keine künstliche Luftröhrenfistel anlegt, dar. Man bemerkt höchstens ein schwaches Rasseln bei dem Einathmen oder eine Art von Keuchen, das sich jedoch in der Folge zu vermindern pflegt. Läuft das Thier, so scheint bisweilen seine Athmung bewegter zu sein. Trennt man einen oder beide herumschweifende Nerven, so kommen die heftigeren Athmungsleiden auf der Stelle zum Vorschein. Die Nasenlöcher beginnen mit Lebhaftigkeit zu spielen, man hört das Ein- und das Ausathmen, man bemerkt ein lebhaftes Spiel der Bauchdecken und der Erstickungstod beschließt das Leiden des Thieres in kürzerer Zeitfrist.

Da die Hauptmasse des vorderen Astes des Beinerven noch als ein weißer Streifen an dem zweiten Vagusknoten des Kaninchens erkannt zu werden vermag, so versuchte Schiff[2]) nur die graue Knotenmasse zu durchschneiden, jenen Antheil des Beinerven dagegen unversehrt zu lassen. War das Unternehmen an beiden Seiten geglückt, so stellten sich sogleich die heftigsten Athembeschwerden ein. Es mangelte dagegen das eigenthümliche Athmungsgeräusch, welches sonst durch die passiven Bewegungen der Stimmbänder erzeugt wird. Die Stimmritze selbst erweiterte sich bei dem Einathmen und verengerte sich bei dem Ausathmen, wie in gesunden Thieren. Sie schloß sich während der Schlingbewegungen. Die Athemzüge nahmen an Zahl ab. Die Athmung selbst wurde immer beschwerlicher. Es häufte sich viel Schleim, der während des Schluckens durch die Stimmspalte unmittelbar vor dem Schlusse derselben heraufbefördert wurde, in der Kehlkopfshöhle an. Obgleich die Kaninchen von selbst zu fressen anfingen, so gingen sie doch schon nach ungefähr 24 Stunden zu Grunde. Die Lungen zeigten dieselben Entartungen, die nach der Trennung der Vagusstämme bemerkt werden.

Bernard[3]) bemerkte, daß die Katzen und die Ratten, deren Beiner- 4358
ven durchschnitten worden, auf einige Schwierigkeiten bei dem Schlucken stießen. Speisereste drangen leicht in die Luftröhre von operirten Kaninchen und Ratten. Sie fanden sich in dieser und den Luftröhrenverzweigungen der getödteten Kaninchen vor. Die eigentlichen Schlingbeschwerden nahmen mit der Zeit etwas ab, so daß vielleicht die Halswunde selbst ihren Einfluß in dieser Beziehung geltend macht. Dem sei aber, wie ihm wolle, so erhellt so viel, daß die Bewegungen der Speiseröhre durch das Ausreißen des Beinerven nicht völlig aufgehoben werden. Der Eingriff scheint nur

[1]) Bernard, a. a. O. p. 64. [2]) Schiff, a. a. O. S. 772. 73.
[3]) Bernard, a. a. O. p. 61. 63.

den nöthigen Verschluß der Stimmritze zu erschweren. Hatte ich beide Beinerven in dem Kaninchen ausgerissen und flößte dann dem Thiere Milch ein, so rückte die weiße Masse mittelst der Wellenbewegung der Speiseröhre höchstens vielleicht etwas langsamer hinab. Sie verschwand endlich in dem Brusttheile des Oesophagus.

Man kann sich die eben erwähnten Beziehungen des Beinerven und des herumschweifenden Nerven in doppelter Weise zu erklären suchen. Man nimmt an, daß die Kehlkopfmuskeln und die Speiseröhre bewegende Fasern von beiden Nervenstämmen erhalten. Der herumschweifende Nerv beherrscht aber alle Muskelverkürzungen, die das Athmen voraussetzt, vor Allem die Erweiterung der Stimmritze bei dem Einathmen und die Verengerung derselben bei dem Ausathmen, der Beinerv dagegen die Veränderungen, welche die Stimmbildung erfordert und die den gehörigen Abschluß der Stimmritze bei dem Niederschlucken möglich machen. Es wäre daher der zehnte Nerv der Athmungs- und der eilfte der Stimmnerv für die gleichen Verkürzungsgebilde. Bernard [1]) suchte seine Erfahrungen auf diese Weise zu erläutern. Ein und derselbe Theil erhielte hiernach zwei verschiedene Gattungen bewegender Nervenfasern, damit zwei eigenthümliche Centralwerkzeuge ihre gesonderten Einflüsse auf sie auszuüben im Stande wären.

Eine zweite Annahme kann die Erscheinungen auf die einzelnen Kehlkopfmuskeln selbst zurückzuführen suchen. Die Zerstörung der Wurzeln des Beinerven lähmt die Ring-Schildknorpelmuskeln (Crico-thyreoidei). Es geht hierdurch ein Hauptmoment der zur regelmäßigen Stimmbildung gehörigen Spannung der Stimmbänder und der starken Verengerung der Stimmritze verloren. Die Unthätigkeit des Ringschildknorpelmuskels und die oben erwähnten Schlingbeschwerden deuten darauf hin, daß die bewegenden Fasern des oberen Kehlkopfzweiges des herumschweifenden Nerven von dem Beinerven herrühren; die empfindenden dagegen können in ihm nicht vollständig enthalten sein, weil die Empfänglichkeit der Kehlkopfschleimhaut fortdauert. Da die Durchschneidung der beiden oberen Kehlkopfzweige die Stimme zwar verändert, in keinem Falle aber gänzlich aufhebt (§. 4327), so ergiebt sich von selbst, daß der Beinerv seinen Einfluß auf diejenigen Muskeln, welche von dem unteren Kehlkopfzweige versorgt werden (Cricothyreoidei posticus und lateralis, Thyreoarytaenoideus und Arytaenoideus transversus), ausdehnen muß. Sie können aber nicht unbedingt von ihm abhängen, weil sonst der Verschluß der Stimmritze junger Thiere und die hierdurch verursachten Athembeschwerden nachfolgen müßten. Hat man die beiden Beinerven mit Glück ausgerissen, so vermögen sich die Stimmbänder noch schwach zu bewegen, nicht aber vollständig zu verschließen. Da sie vorher nicht gespannt werden, so darf man annehmen, daß die Zerstörung aller oder der meisten Ursprungsfäden des Beinerven den bewegenden Einfluß des oberen Kehlkopfzweiges gänzlich und den des unteren theilweise lähmt. Dieser würde daher eine gewisse Menge bewegender Fasern aus den Wurzeln, die man dem herumschweifenden Nerven zuertheilt, beziehen. Berücksichtigen wir die §. 3077 gegebene Darstellung der Wirkungsweise der einzelnen Kehlkopfmuskeln, so darf man vielleicht selbst vermuthen, daß nur der quere und die schiefen Gießbeckenmuskeln (Arytaenoidei transversus und obliqui) mit oder ohne den Schildgießbeckenmuskel (Thyreoarytaenoideus) und den seitlichen Ring-Gießbeckenmuskel (Crico-arytaenoideus lateralis) von den Wurzeln des herumschweifenden Nerven zu einem großen Theile bestimmt werden.

4359 Bernard [2]) fand in seinen Versuchen, daß nur die oberen Wurzeln des Beinerven die Stimmbildung beeinträchtigen. Die übrigen müßten daher andere Theile, als den Kehlkopf versorgen. Wir haben schon §. 4320 gesehen, daß der äußere Ast des Beinerven, der vorzüglich aus den unteren Wurzelfäden entsteht, Verkürzungen im Kopfnicker (Sternocleidomastoideus) und dem Kappenmuskel (Cucullaris) anregt. Hatte ihn Bernard [3]) in

[1]) Bernard, a. a. O. p. 77. Vergl. auch Moleschott, in Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. IV. S. 219 — 30.
[2]) Bernard, a. a. O. p. 55. 56.
[3]) Bernard, a. a. O. p. 78. 79.

dem Hunde, der Katze oder dem Pferde durchschnitten, so sollen die Stimmtöne kürzer geworden sein, eine Erscheinung, die mir in meinen Versuchen nicht immer auffiel. Es zeigte sich zugleich eine gewisse Störung in den Bewegungen der Vorderbeine, die ich jedoch ebenfalls im Kaninchen nicht bemerken konnte. Da nun jene Muskelmassen von Rückenmarksnerven gleichzeitig versorgt werden, so sollen die Fäden des Beinerven die zur Stimmbildung und zum Laufen nöthige verhältnißmäßige Ruhe des Brustkastens möglich machen. Hat man den äußeren Ast des Beinerven durchschnitten, so bleibt auch der Kopfnicker nach jenem Forscher bei dem Schreien unthätig, während er sich in der Athmungsnoth zu oft wiederholten Malen für kurze Zeit zusammenzieht.

Betrachten wir die Verbreitung des zehnten und eilften Hirnnerven des Menschen, so finden wir:

Hauptstamm.	Zweige.	Verbreitungsbezirk der Nerven.			
		Empfindliche Hautflächen.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
Verbindung des herumschweifenden Nerven u. des Beinerven (N. vagus cum R. anteriori N. accessorii.	Ohrast (R. auricularis.)	Haut des äußeren Gehörganges.			N. glossopharyngeus. N. facialis. N. auricularis posterior profundus. N. sympathicus.
	Schlundkopfzweige (R. R. pharyngei.)	Schleimhaut des Schlundes u. z. Thl. des weichen Gaumens.	Schlundkopfschnürer und einzelne Muskeln d. weichen Gaumens. (Levator palati mollis. Azygos uvulae. Pharyngopalatinus.)		N. glossopharyngeus. N. sympathicus. N. trigeminus. (R. laryngeus superior.)
	Halsschlagaderzweige (R. R. carotici.)			Carotis u. deren Verzweigung.	N. sympathicus. R. laryngeus superior.
	Oberer Kehlkopfzweig.	Schleimhaut d. Kehlkopfes, des Kehldeckels bis zur Zungenwurzel hin.	Cricothyreoideus. Ein Theil des Schlundkopfschnürers (Hyothyreoideus?).		R. R. pharyngei u. carotici. N. sympathicus. R. laryngeus inferior.
	Gefäßzweige (R. R. ad divisionem carotidis. R. R. vasculares. R. R. descendentes)			Große Gefäße am Halse u. in der Brust. (Schilddrüse.)	N. sympathicus. R. R. carotici, cardiaci. Untere Halsnerven.
	Herzzweige (R. R. cardiaci.)	Innenhaut des Herzens? Schleimhäute	Herz. (Muskulöse Fasern d. Bronchien?)	Große Gefäße am Herzen.	N. sympathicus. Untere Halsnerven.

Hauptstamm.	Zweige.	Verbreitungsbezirk der Nerven.			
		Empfindliche Hautflächen.	Bewegliche Muskelmassen.	Andere Organe.	Vorzüglichste Anastomosen.
		der Luftröhre, der Lungen u. der Speiseröhre.	(Speiseröhre).		Gefäßzweige des N. vagus.
	Unterer Kehlkopfzweig. (R. laryngeus inferior s. recurrens.)	Schleimhaut (eines Theiles des Kehlkopfes und) der Luftröhre.	Cricoarytaenoidei posticus u. lateralis. Thyreoarytaenoideus. Arytaenoidei. Muskulöse Fasern der Luftröhre. Speiseröhre.		Plexus cardiaci u. pulmonales. R. laryngeus superior.
	Geflechte für die Brusteingeweide (Plexus cardiaci, tracheales, pulmonales u. oesophagei.)	Schleimhäute der Luftröhrenäste, der Lungen und der Speiseröhre (Innenhaut des Herzens?)	Herz. Speiseröhre u. zum Theil d. Magen. (Muskulöse Fasern der Luftröhrenverzweigungen?)	Große Gefäße Gebilde des vorderen und hinteren Mittelfellraumes. (Herzbeutel.)	N. sympathicus.
	Magenzweige (R. R. gastrici).	Magenschleimhaut.	Musculatur des Magens.	Gefäße am Magen.	Verbindung mit dem Plexus solaris u. dem Plexus hepaticus.
Beinerv (N. accessorius.)	Aeußerer Ast (R. externus).	(Haut am Halse oder am Nacken?)	Beide Abtheilungen des Sternocleidomastoideus u Cucullaris s. Trapezius.		

4360 XII. Zungenfleischnerv (N. hypoglossus) (Fig. 313 z.). — Drückt oder durchschneidet man ihn nach seinem Austritte aus der Schädelhöhle, so geben einzelne Hunde oder Katzen Schmerzenszeichen von sich, andere dagegen nicht. Die Empfindlichkeit äußert sich in der Regel in stärkerem Maaße, wenn man den Hauptstamm an einer Stelle seines ferneren Verlaufes angreift. Da aber der Anfangstheil desselben mit dem herumschweifenden Nerven zusammenhängt, so können die neu hinzutretenden Fäden des zehnten Nerven diese Leidenszeichen erklären. Es ist dagegen kaum zu entscheiden möglich, ob die Ursprungswurzeln des Zungenfleischnerven, die jedenfalls fast durchgehends bewegende Fasern enthalten, einige empfindende nebenbei einschließen oder nicht. Hatte Longet[1]) die Uebergangsstelle des verlängerten Markes und des Rückenmarkes für die Untersuchung der Verhältnisse des Beinerven bloßgelegt, so vermochte er die Wurzeln des Zungenfleischnerven auszureißen, ohne daß das Thier Schmerzens-

[1]) Longet, a. a. O. Tome II. p. 483.

laute von sich gab. Kann man dieser Erfahrung entgegensetzen, daß die vorangegangenen Leiden des Hundes die geringe Empfindlichkeit, wenn sie vorhanden war, unterdrückten, so läßt sich doch anderseits aus den anatomischen Verhältnissen nicht schließen, daß der Zungenfleischnerv zu den gemischten Nerven gehört. Es kommt zwar vor, daß ein Wurzelfädchen desselben einen kleinen Knoten z. B. im Kalbe darbietet. Spricht man es aber in dem frisch getödteten Thiere an, so erhält man auch hier Zusammenziehungen der Muskelmasse der Zunge.

Prüft man die reizbaren Leichname von Kaninchen oder Hunden, so 4361
kann eine jede beliebige Wurzel des Zungenfleischnerven Bewegungen unter günstigen Verhältnissen hervorrufen. Der Hauptstamm, der am Halse verläuft, wirkt auf fast alle Zungenmuskeln und einen Theil der Verkürzungsgebilde, von denen die Stellung des Zungenbeines und des Kehlkopfes abhängt. (Lingualis, Genioglossus, Styloglossus, Hyoglossus, Geniohyoideus, Hyothyreoideus, (Omohyoideus, Sternothyreoideus und Sternohyoideus). Der absteigende Ast (R. descendens hypoglossi), der den Schulterzungenblatt- (Omohyoideus), den Brustzungenbein- (Sternohyoideus) und den Brustschildknorpelmuskel (Sternothyreoideus) im Menschen versorgt und sich mit dem Zwerchfellnerven verbindet, empfängt zwar eine Reihe von Fasern von dem Zungenfleischnerven. Eine sehr große Menge seiner Nervenfäden stammt aber aus dem obersten Halsnerven. Diese können daher auch jene Muskeln wenigstens zu einem bedeutenden Theile beherrschen. Da der letzte Hirnnerv und die obersten Halsnerven ihre Bündel bei dieser Gelegenheit wechselseitig austauschen, so erklärt es sich, weshalb z. B. der erste Halsnerv des Kalbes den Zungenmuskel zu verkürzen im Stande ist[1]).

Wir haben schon §. 4313 die Folgen, welche die Lähmung der beiden Zungenfleischnerven nach sich zieht, dargestellt. Obgleich der Willenseinfluß für die eigentlichen Zungenmuskeln in diesem Falle völlig zu Grunde gegangen, so können doch die noch möglichen Schluckbewegungen und die nur zum Theil gestörten Ortsveränderungen des Zungenbeines und des Kehlkopfes einzelne Bewegungen der Zunge nach sich ziehen. Führt man diese z. B. in einem Hunde, dessen Zungenfleischnerven durchschnitten worden, möglichst weit aus dem Munde heraus, so ereignet es sich, daß sie in Folge einer Schluckbewegung bis zu einem gewissen Grade zurückweicht. Eine junge Katze, welche auf die gleiche Weise verstümmelt worden, behielt ihre vorgezogene Zunge eine Zeit lang zwischen den Zähnen. Sie war aber nach einigen Minuten in die Mundhöhle zurückgekehrt. Das Thier, das ich wochenlang am Leben erhielt, brauchte nicht künstlich gefüttert zu werden. Es blieben jedoch häufig Speisereste auf dem Vordertheile der Zunge liegen.

Man bemerkt bisweilen, daß die Hunde beträchtliche Mengen von Speichel aus dem Munde herauslaufen lassen. Da der Zungenfleischnerv Aeste an die Unterkieferdrüse abgiebt, so könnte man jene Thatsache von dieser Ursache herzuleiten suchen. Es fragt sich jedoch, ob nicht die Erscheinung davon herrührt, daß die unwillkührlichen Zungenverletzungen die Menge des abgesonderten Speichels vergrößern oder daß dieser nur unvollständig verschluckt zu werden vermag.

Ist nur ein Zungenfleischnerv z. B. nach einem Schlaganfalle gelähmt, so stellt sich die Zunge schief. Man stößt aber dann bisweilen auf eine eigenthümliche Abweichung. Nehmen wir z. B. an, daß die rechte Körperhälfte befallen worden und daß die Mus-

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 407.

keln des Kopfes wesentlich betheiligt sind, so wird der Mund nach links verzogen sein. Es kommt nun hin und wieder vor, daß die Zungenspitze nicht, wie man es auf den ersten Blick erwarten sollte, nach links, sondern nach rechts, nicht nach der gesunden, sondern nach der kranken Seite hinsieht. Man hat diese Eigenthümlichkeit auf zweierlei Weise zu erklären gesucht. Wir werden in der Folge finden, daß eine halbseitige Lähmung der rechten Körperseite mit Entartungen in der linken Gehirnhälfte und umgekehrt verbunden zu sein pflegt; daß sich mithin eine Kreuzungswirkung geltend macht. Diese wiederholt sich nicht bloß für die Muskeln der Glieder, sondern auch für die des Gesichtes. Denkt man sich dagegen, daß der Zungenfleischnerv ihr nicht unterliegt, weil sich seine Fasern gar nicht oder nach und nach zwei Mal durchkreuzen, so müßte eine Entartung, welche die linke Hirnhälfte befällt, die linke Zungenhälfte lähmen und daher eine Wendung der Zungenspitze nach rechts möglich machen. Hyrtl [1]) erklärt die Sache aus mechanischen Verhältnissen. Die einseitige Unthätigkeit des Zungenfleischnerven stört die wagerechte Lage des Zungenbeines. Ist z. B. der linke Nervenstamm gelähmt, so sinkt das linke Zungenbeinhorn nach unten, weil der linke Zungenbein-Zungenmuskel (Hyoglossus) seine Wirksamkeit verloren hat. Der linke Zungenrand wird dann um so mehr gegen den linken Mundwinkel geführt, als der ebenfalls unthätige Griffelzungenmuskel (Styloglossus) keinen Gegenzug anzubringen im Stande ist. Die vorgestreckte Zunge eines von Günsburg [2]) beobachteten Mannes, dessen linker Zungenfleischnerv von einer Geschwulst der Wirbelschlagader in der Nähe seiner Durchgangsöffnung gedrückt wurde, war immer vollständig nach links und oben emporgezogen.

4362 **Thätigkeitsbezirke der Hirnnerven.** — Versuchen wir, nur die empfindenden und bewegenden Einflüsse der Hirnnerven des Menschen übersichtlich darzustellen, so erhalten wir:

Hirnnerv.	Hauptast desselben.	Einfluß		
		sensueller.	sensibler.	motorischer.
I. N. olfactorius.		Riechen.		
II. N. opticus.		Sehen.		
III. N. oculomotorius.	R. superior.		Unbekannt.	Levator palpebrae superioris. Rectus superior.
	R. inferior.		(Regenbogenhaut u. andere Innentheile des Auges?)	Recti internus, inferior (u. externus?) Obliquus inferior. Regenbogenhaut. (Spannmuskel der Aderhaut).
IV. N. patheticus.				Obliquus superior.
V. N. trigeminus.	R. ophthalmicus.		Regenbogenhaut u. andere Innentheile des Auges. Bindehaut. Thränendrüse. Thränencarunkel. Thränensack. Schleimhäute der Stirnhöhle (der Siebbeinzellen) u. der innern Nase. Aeußere Haut der Stirn, des vorderen Theiles des	

[1]) J. Hyrtl, Handbuch der topographischen Anatomie. Bd. I. Wien 1847. 8. S. 317.
[2]) F. Günsburg, Die pathologische Geweblehre. Bd. II. Leipzig 1848. 8. S. 97.98.

Hirnnerv.	Hauptast desselben.	Einfluß		
		sensueller.	sensibler.	motorischer.
			Scheitels, der Augenbrauengegend bis zu dem Anfange der Schläfe hin, des inneren u. des äußeren Augenwinkels, des oberen Augenlids, der Nase, vorzüglich der Gegend des Nasenflügels und der Umgebung der Nasenlöcher.	
	R. maxillaris superior.		Schleimhäute des Keilbeinsinus, der Siebbeinzellen, der inneren Nase, der Eustachischen Trompete, des obersten Theiles des Schlundes, des weichen Gaumens, des Zäpfchens u. der Gaumenbogen, die Mandeln, Haut des harten Gaumens, der Oberkieferhöhle, Markhaut des Oberkiefers, Zähne und Zahnfleisch der oberen Kinnlade. Aeußere Haut der Augenlider, vorzüglich des unteren, der Nase, der Wange bis zur Stirn, der Schläfe und dem aufsteigenden Aste des Unterkiefers hin. Aeußere u. innere Fläche der Oberlippe.	
	R. maxillaris inferior.	(Nach einigen Forschern Antheil an der Geschmacksempfindung?)	Aeußere Haut d. Schläfe, des Ohres, vorzüglich der Vorderfläche desselben, der Wange vor der Ohrspeicheldrüse u. des Kinnes. Aeußere und innere Oberfläche der Unterlippe. Aeußerer Gehörgang. Trommelfell. Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle u. seitlich von der Zungenwurzel vor dem aufsteigenden Aste des Unterkiefers. Schleimhaut d. ganzen Zunge. Mandel. Zähne u. Zahnfleisch des Unterkiefers.	Temporalis Masseter. Pterygoidei internus u. externus. Mylohyoideus. Digastricus maxillae inferioris, vorzüglich der vordere Bauch desselben. Tensor veli palatini. (Circumflexus palati) (Tensor tympani.)
VI. N. abducens.				Rectus externus. (Geringer Antheil an dem Augenlidnervensystem. Selten Wurzel d. Augenknotens.)

Hirnnerv.	Hauptast desselben.	Einfluß		
		sensueller.	sensibler.	motorischer.
VII. N. facialis.				Occipitalis. Alle schon S. 386 angeführten Muskeln des Gesichtes und des äußeren Ohres. Stapedius Stylohyoideus. Digastricus maxillae inferioris, vorzüglich der hintere Bauch desselben. Platysmamyoides (Tensor tympani?) (Muskeln des weichen Gaumens?)
VIII. N. acusticus.		Hören.		
IX. N. glossopharyngeus.		Schmecken.		Stylopharyngeus. Constrictor pharyngis infimus. (Weicher Gaumen?)
X. u. XI. N. N. vagus und accessorius.	N. vagus cum R. anteriori accessorii.		Haut des äußeren Gehörganges. Schleimhäute des Schlundes u. zum Theil des weichen Gaumens, des Kehlkopfes, der Luftröhre, der Lungen, der Speiseröhre u. zum Theil des Magens. (Innenhaut des Herzens.)	Levator palati mollis. Azygos uvulae. Pharyngopalatinus. Constrictores pharyngis. Alle Kehlkopfmuskeln. Contractile Fasern der Luftröhre und der Lungen. Speiseröhre. Magen u. Herz.
	R. externus accessorii.		Unbekannt.	Sternocleidomastoideus. Cucullaris.
XII. N. hypoglossus.				Lingualis. Genioglossus. Styloglossus. Hyoglossus. Geniohyoideus. (Omohyoideus) Sternohyoideus. Sternothyreoideus. Hyothyreoideus.

4363 Sympathischer Nerv. — Da wir die Einflüsse der Nervenknoten in der Darstellung der allgemeinen Nervenverhältnisse ausführlicher betrachten werden, so wollen wir hier nur die empfindenden und die bewegenden Thätigkeiten des sympathischen Nerven berücksichtigen, alle Gründe dagegen, die man für die Abhängigkeit oder die Selbstständigkeit dieses Nerven geltend gemacht hat, für die spätere Untersuchung aufsparen.

4364 Betrachten wir zunächst die Empfindungserscheinungen, so kann man oft den Halsstamm des sympathischen Nerven drücken oder durchschneiden und dessen oberen Knoten im Kaninchen ausreißen, ohne daß die Thiere

das geringste Schmerzenszeichen von sich geben. Es ereignet sich aber auch, daß erwachsene Geschöpfe die Trennung der Halswurzeln des Knotens mit Gegenbewegungen beantworten. Wir haben schon §. 4335 gesehen, daß die gleichen Schwankungen an dem herumschweifenden Nerven wiederkehren.

Oeffnet man den Unterleib oder die eine Seite der Brusthöhle so 4365
schnell als möglich und drückt das Sonnengeflecht, einen der splanchnischen Nerven oder einen anderen Zweig des Sympathicus zusammen, so erhält man bisweilen keine Schmerzensregungen. Sind die Theile eine Zeit lang der Luft ausgesetzt gewesen, so verrathen sie in der Regel einen merklichen Grad von Empfindlichkeit. Dieselben Nervenmassen, deren Anspruch früher gleichgültig blieb, führen später zu deutlichen Leidenszeichen. Diese Erscheinung wiederholt sich nicht selten in den Knoten und den fadigen Zwischentheilen des Grenzstranges[1]).

Es kann hierbei vorkommen, daß die Art des Reizes über den Erfolg 4366
entscheidet. Bleibt das Einstechen in ein Ganglion oder die rasche Durchschneidung eines Astes wirkungslos, so treten nicht selten die Schmerzensäußerungen, so wie man die Nervenmasse drückt, sie mit Salpetersäure oder mit Kalilösung betupft, hervor. Die Unterbindung scheint kräftigere Wirkungen hier, wie in anderen Nervenstämmen anzuregen. Joh. Müller, Peipers und ich erhielten deutliche Schmerzensäußerungen, als die Nierenschlagadern nebst den an ihnen verlaufenden Nerven mit einem Faden so fest als möglich in Schaafen oder Kaninchen umschnürt wurden. Wiederholte ich das Gleiche an der Pfortader des Kaninchens, so zuckte das Thier lebhaft zusammen.

Die Verbindungsfäden, die zwischen dem Grenzstrange und den Rücken- 4367
marksnerven verlaufen, zeichnen sich durch einen hohen Grad von Empfindlichkeit aus. Legte ich z. B. den Brusttheil des sympathischen Nerven an der einen Seite bloß und drückte dann einen der Verbindungsstränge zusammen, so schrie das Kaninchen ungefähr eben so laut, als wenn man einen Zwischenrippennerven in ähnlicher Weise angesprochen hätte. Die Bauchabtheilung des sympathischen Nerven führte zu den gleichen Ergebnissen. Die Verbindungsstränge pflegen ihre Empfindlichkeit schon im Anfange, wenn die Knotenzweige noch keine Leidensäußerungen hervorrufen, kund zu geben.

Schneidet man einen Verbindungsstrang in der Brusthöhle von Ka- 4368
ninchen durch, so verliert deswegen der entsprechende Nervenknoten seine Empfindlichkeit nicht. Trennt man dagegen außerdem noch den Grenzstrang ober- und unterhalb desselben, so bleibt die augenblickliche oder spätere Reizung erfolglos. Ich erhielt sogar das gleiche Ergebniß, wenn ich nur den Verbindungsstrang und den oberen Theil des Grenzstranges durchschnitten hatte. Es kann auch nach Brachet[2]) an dem Lendentheile

[1]) Vergl. z. B. J. L. Brachet, Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire. Deuxième Edition. Paris 1837. 8. p. 354 — 361. De functionibus nervorum. p. 70 — 72. H. Horn, Gangliorum capitis glandulas ornantium expositio anatomico-physiologica. Wirceburgi 1840. 4. p. 13. Longet, a. a. O. Tome II. p. 565. 67.

[2]) Brachet, a. a. O. p. 360.

des sympathischen Nerven von Hunden vorkommen, daß die Trennung der Verbindungsstränge dreier auf einander folgender Knoten den mittleren von ihnen unempfindlich macht.

4369 Wir sehen hieraus von Neuem, daß sich die Zweige, denen eine größere Menge von Nervenknoten vorangegangen, auf eine eigenthümliche Weise verhalten. Sie beantworten schwache oder mäßige Reize im Anfange gar nicht. Nur stärkere Wirkungen rufen schon jetzt Schmerzensempfindungen hervor. Haben sie eine Zeit lang dem Einflusse der Luft unterlegen oder hat sich ihre Stimmung aus einer anderen Ursache verändert, so können sie die heftigsten Leiden unter den verschiedensten Bedingungen erregen. Die mannigfachen Abtheilungen der zu den sympathischen Nerven gehörenden Gebilde weichen aber in dieser Hinsicht unter einander ab. Ordnen wir sie im Allgemeinen ihren Empfänglichkeitsgraden nach in aufsteigender Reihenfolge, so erhalten wir: die Verbreitungszweige, die Knoten, die zwischen den Ganglien gelegenen Stücke oder die Grenzstränge (vorzüglich des Brust- und des Bauchtheiles) und die Verbindungsfäden mit den Rückenmarksnerven. Die letzteren gleichen fast gänzlich den empfindenden Nerven, die unmittelbar aus dem Gehirn und dem Rückenmarke hervortreten.

4370 Prüft man die Bewegungseinflüsse, welche der Halsstamm des sympathischen Nerven ausübt, so muß man vor Allem einen anatomischen Unterschied, den die verschiedenen Säugethiere darbieten, ins Auge fassen. Das Kaninchen, der Hase, das Schwein und einzelne Affen stimmen insofern mit dem Menschen überein, als die Halstheile ihres sympathischen und ihres herumschweifenden Nerven gesondert verlaufen. Diese verbinden sich dagegen größtentheils zu einem gemeinschaftlichen Stamme in dem Hunde, der Katze, dem Rinde und dem Pferde.

4371 Petit[1]) entdeckte zuerst im Anfange des 18. Jahrhunderts, daß die in der Gegend des dritten bis vierten Halswirbels vorgenommene Trennung des sympathischen und des herumschweifenden Nerven auf das Auge zurückwirkt. Diese Beobachtung wurde in der Folge von Molinelli, Arnemann, Dupuy, Mayer, Arnold, Reid, Longet, Biffi und mir am Hunde sowohl, als an Pferden und Kaninchen bestätigt. Die hierbei auftretenden Erscheinungen wechseln aber mit der Verschiedenheit der Säugethiere. Die beständige Wirkung verräth sich übrigens nur, so wie der obere, nicht aber der untere Theil jener Nerven angegriffen wird.

4372 Halten wir uns zunächst an die in Hunden auftretenden Erscheinungen, so verengert sich hier das Sehloch in auffallendem Maaße. Diese Verkleinerung der Pupille tritt nicht im Augenblicke der Nervendurchschneidung, sondern erst ungefähr eine bis eine halbe Minute nach derselben hervor. Die Iris schwankt, so wie die Nerven angegriffen werden. Sie kann sich selbst dann noch in Folge der Reizung derselben erweitern. Die

[1]) Petit, in Histoire de l'Académie. 1727. Paris 1729. 4. p. 5 fgg. Eine ausführliche Darstellung dieser Versuche findet sich in: Stilling, physiologische, pathologische und medicinisch praktische Untersuchungen über die Spinalirritation Leipzig 1840. 8. S. 129 fgg. Vergl. De functionibus nervorum. p. 109.

stetige Umfangsabnahme folgt aber in einigen Secunden nach und dauert so lange fort, bis das Sehloch den Durchmesser eines großen Stecknadelknopfes erreicht hat. Es verharrt in diesem Zustande Monate lang. Man kann daher wahrscheinlich mit Recht nach Arnold annehmen, daß sich der durchschnittene Nerv, wenn jenes Zeichen fortdauert, nicht wiedererzeugt hat.

Das verkleinerte Sehloch hat im Allgemeinen eine kreisrunde Form. 4373
Man bemerkt jedoch auch hin und wieder einzelne Unebenheiten des Begrenzungsrandes, die von Zeit zu Zeit wechseln. Erweitert sich das Sehloch unter dem Einflusse von Belladonna [1]), so erreicht es nie die Größe, welche die gesunde Pupille unter den gleichen Verhältnissen darbietet. Zapfte ich dann die wässrige Feuchtigkeit ab, so vergrößerte sich der Umfang des Sehloches des kranken Auges in geringem Grade. Es nahm zugleich eine länglichrunde Form an. Die Pupille gesunder Augen pflegt sich unter diesen Verhältnissen zu verkleinern.

Der Hund zieht das dritte Augenlid vor, so daß ein Stück der inne- 4374
ren Abtheilung der Hornhaut von dieser weißen Haut bedeckt wird. Er pflegt zugleich seinen Augapfel weiter nach innen zu richten und die Augenlidspalte weniger, als an der gesunden Seite zu öffnen. Die Thränen stürzen in reichlicherem Maaße heraus. Der Glanz oder die Spiegelung des Auges ändert sich zugleich. Die Gefäße der Bindehaut röthen sich einige Zeit nach der Nervenverletzung in auffallendem Maaße. Dieses Zeichen verliert sich wiederum in der Folge. Es bleibt aber die Absonderung einer zähen Masse leicht zurück. Ein Hund, an dem ich den Versuch angestellt hatte, litt noch nach Monaten an einer so bedeutenden Vermehrung der Schleimbereitung, daß zähe gelblich weiße Massen zur Augenlidspalte fortwährend heraustraten und sich in dem inneren Augenwinkel anhäuften. Die Hornhaut bleibt dabei hell, die Regenbogenhaut zeigt keine wesentliche Veränderung. Der Farbenwechsel derselben, den Molinelli [2]) angiebt, ist, so viel ich weiß, keinem späteren Forscher vorgekommen. Das Sehvermögen erhält sich, so weit man es beurtheilen kann, unversehrt. Zapft man die wässrige Feuchtigkeit ab, so findet sich Lichtscheu, wie an einem gesunden Auge, ein.

Die oben erwähnte Ueberfüllung der Bindehautgefäße und die Ver- 4375
größerung der Schleimabsonderung verlieren sich nach und nach. Die Thränen strömen in der Folge ebenfalls sparsamer hervor. Da ihre Aussonderung merklich abnehmen kann, wenn selbst noch das dritte Augenlid vorgezogen bleibt, so folgt hieraus, daß dieses kein mechanisches Hinderniß, aus dem der frühere reichlichere Thränenfluß zu erklären wäre, liefert. Es kann zuletzt so weit kommen, daß nur die Verengerung des Sehloches und untergeordnete, bisweilen kaum merkliche Veränderungen in der Stellung des Augapfels zurückbleiben.

---

[1]) S. Biffi, Intorno all' influenza che hanno sull' occhio i due nervi Grande Sympathico e Vago. Pavia 1846. 8. p. 12. 13.

[2]) Molinelli, in De Bononiensi scientiarum et artium Instituto atque Academia Commentarii. Tom. III. Bononiae 1755. 4. p. 290.

Hatte Biffi [1]) den herumschweifenden Nerven allein oberhalb seiner Verbindung mit dem sympathischen Stamme im Hunde durchschnitten, so kehrten alle angeführten Merkmale nur in geringerem Maaße wieder. Die Ueberfüllung der Bindehautgefäße hatte auch in kürzerer Zeit aufgehört. Eine ähnliche mildere Erscheinungsreihe zeigte sich nach der Trennung des aufsteigenden Astes des obersten Halsknotens des Sympathicus. Reizte Biffi diesen selbst mechanisch, so erweiterte sich das Sehloch in auffallendem Grade. Wurde er gänzlich entfernt, so verkleinerte sich die Pupille innerhalb einer halben Minute. Es fanden sich wiederum alle oben erwähnten Zeichen ein. Die Pupille bewahrte aber ihren einmal angenommenen geringen Umfang in hartnäckigerer Weise.

4376 Wiederholt man die Versuche an Kaninchen, so erhält man keine so auffallende Veränderungen, als im Hunde. Die Blutüberfüllung der Bindehaut und die eigenthümliche Vermehrung der Absonderung verrathen sich hier in keinem auffallenden Grade. Die Pupille verengert sich auch weniger und nimmt meist eine länglichrunde Gestalt an. Hat man den unteren Halsknoten des herumschweifenden Nerven, der dem gangliösen Geflechte des Menschen entspricht, nur theilweise abgetragen, so kann selbst das Sehloch seine gewöhnlichen Verhältnisse bewahren. Dieses verkleinert sich aber, wie es scheint, stärker, wenn man den obersten Halsknoten des sympathischen Nerven entfernt. Unterbindet man die aufsteigenden Aeste desselben, so erhält man ähnliche Ergebnisse. Der Einfluß der Wurzelfäden wird uns bei der Betrachtung der Wirkung der Nervenknoten ausführlicher beschäftigen.

Es kommt bisweilen krankhafter Weise im Menschen vor, daß sich das Sehloch im Dunkeln verengt und im Hellen erweitert, daß sich mithin Veränderungen, die den regelrechten Verhältnissen entgegengesetzt sind, kundgeben. Wir haben schon §. 4373 gesehen, daß sich etwas Aehnliches in Hunden, deren Vagus-Sympathicusstamm hoch oben durchschnitten und deren wässrige Feuchtigkeit abgezapft worden, wiederholen kann. Hatte ich die von dem obersten Halsknoten des Sympathicus emporsteigenden Nerven in einem Kaninchen drei Wochen vorher unterbunden, so blieb oft die Pupille im Hellen unverändert. Sie erweiterte sich bisweilen in geringem Grade. Sie zog sich dagegen im Dunkeln zusammen. Wurde die wässrige Feuchtigkeit durch einen Hornhautstich entleert, so vergrößerte sich der Umfang des Sehloches in bedeutendem Maaße.

4377 Prüft man die Bewegungseinflüsse des sympathischen Nerven in einer größeren Reihe frisch getödteter Säugethiere, so überzeugt man sich nach und nach, daß viele Verkürzungserscheinungen der Brust-, der Bauch- und der Beckeneingeweide von den Stämmen und Aesten des sympathischen Nerven oder den Geflechten, die er in Verbindung mit dem herumschweifenden oder anderen Körpernerven erzeugt, abhängen. Stellen wir uns die Ergebnisse, welche mir die an Pferden, Schaafen, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen gemachten Beobachtungen geliefert haben, übersichtlich zusammen, so erhalten wir:

---

[1]) Biffi, a. a. O. p. 17 — 19.

Nervengebilde.	Bewegliche Masse.
1) Oberster Halsknoten (Ganglion cervicale supremum N. sympathici).	Regenbogenhaut des Auges.
2) Halstheil des Grenzstranges (Pars cervicalis N. sympathici.	Herz. (Speiseröhre?)
3) Herzzweige, unterster Halsknoten, oberste Brustknoten. Herzgeflechte (R. R. cardiaci, Ganglion N. sympathici cervicale inferius, Ganglia thoracica suprema Plexus cardiaci).	Herz.
4) Speiseröhrengeflechte (Plexus oesophagei).	Speiseröhre. (Magen?)
5) Brusttheil des Grenzstranges (Pars thoracica N. sympathici.)	Dünne Gedärme (benachbarte große Gefäße?)
6) Eingeweideäste (R. R. splanchnici).	(Magen?) Dünne Gedärme. (Querer Grimmdarm und Gallengang des Pferdes).
7) Sonnengeflecht und Gekrösgeflecht (Plexus coeliacus und mesaraicus).	Dünne Gedärme (Dickdarm?)
8) Lenden- und Heiligbeintheil des Grenzstranges (Partes lumbalis und sacralis N. sympathici.)	Dünndarm. Blinddarm. Grimmdarm. Mastdarm.
9) Mittlerer und unterer Lendentheil des Grenzstranges.	Harnleiter.
10) Unterer Lenden- und oberer Sacraltheil des Grenzstranges nebst den davon ausgehenden Aesten.	Harnblase. Mastdarm. Samenleiter. Samenblase (des Meerschweinchens). Fallopische Röhren u. Gebärmutter.

Es ist unmöglich, alle diese Bewegungseinflüsse des sympathischen Nerven an einem einzigen oder auch nur an einer kleineren Reihe frisch getödteter Säugethiere zu verfolgen. Man kann sogar eine gewisse Zahl von Kaninchen, Hunden oder Katzen prüfen, ohne zu einem vollkommen sicheren Ergebnisse zu gelangen, weil eine Menge ungünstiger Nebenverhältnisse das Urtheil zu stören im Stande sind. Nur sehr große Versuchsreihen begründen nach und nach eine vollständigere Ueberzeugung.

Das Herz schlägt häufig von selbst fort. Es ruht nicht selten in dem frisch getödteten Thiere und beginnt dann seine Thätigkeit von Neuem, ohne daß sich eine deutliche Veranlassung nachweisen ließe. Die Vorkammern klopfen eine Zeit lang allein, bis endlich plötzlich eine oder mehrere Zusammenziehungen der Kammern nachfolgen. Die Stärke und die Geschwindigkeit der Verkürzung, so wie die Zwischenzeiten der Ruhe können eben so sehr wechseln. Ein anderes eigenthümliches Verhältniß stört besonders die Lösung der uns hier beschäftigenden Frage. Ruht z. B. die rechte Vorkammer, so gelingt es, daß ein auf den Nerven angebrachter Druck eine Verkürzung auf der Stelle oder einige Secunden später anregt. Klopft sie dagegen noch von Zeit zu Zeit ohne sichtliche Veranlassung, so bleibt oft derselbe Nervenreiz wirkungslos. Man erzielt höchstens den zweideutigen Erfolg, daß die nächste Zusammenziehung stärker ausfällt oder früher eintritt. Wartet man aber, bis Alles still steht, und wiederholt dann den früheren Versuch in gleicher Weise, so erhält man bisweilen eine Verkürzung, deren Zusammenhang mit den Nervenwirkungen keinem Zweifel zu unterliegen vermag. Die rhythmische Folge der Herzschläge scheint gewisse Bedingungen vorauszusetzen, die den unmittelbaren Einfluß der dazwischen liegenden Nervenreizung zu schwächen oder selbst zu beseitigen im Stande ist.

Wird ein frisch getödtetes Säugethier sich selbst überlassen, so hängt es von den wechselndsten Nebenverhältnissen ab, ob und wie lange das Herz fortschlägt. Der Gebrauch der künstlichen Athmung sichert vor diesen Zufälligkeiten. Man kann dann fast immer die Beobachtungen in aller Ruhe anstellen und mehrfach wiederholen. Ich habe daher jenes Mittel in allen später zu erwähnenden magnet-elektrischen Prüfungen zu Hilfe gezogen. Ich band z. B. ein passend gebogenes Glasrohr in der Luftröhre des le-

benden jungen Kaninchens, hielt die Mündung fest zu, erstickte auf diese Weise das Thier, wartete, bis die Krämpfe vorüber waren, öffnete dann die drei Körperhöhlen, entfernte das große, das kleine Gehirn und oft auch das verlängerte Mark und ließ endlich die künstliche Athmung einleiten. Es ist nicht nöthig, daß das Lufteinblasen ununterbrochen fortgesetzt wird. Ich unterließ es sogar fast immer während der Zwischenzeiten, in denen die Herzverhältnisse geprüft wurden, um mich desto eher gegen die mechanischen Nebenwirkungen zu sichern. Macht man auch längere Pausen, so kann man doch seine Untersuchungen meistentheils eine halbe bis eine ganze Stunde und selbst länger fortsetzen. Jüngere Thiere eignen sich hierzu weit eher, als ältere.

Der Druck der Nerven liefert hier, wie bei den übrigen Zweigen des Sympathicus, die reinsten Ergebnisse. Es hat aber den Nachtheil, daß er nur kurze Zeit wirkt und den angegriffenen Theil des Nerven für immer unthätig macht. Will man chemische Reize versuchen, so betupft man am besten die Nervenmasse mit einem fein zulaufenden an der Spitze zugeschmolzenen und hier abgerundeten Glasstabe, der mit einer geringen Menge von Salpetersäure befeuchtet worden. Gebraucht man galvanische Ströme, so muß man auf das Sorgfältigste vermeiden, daß sich diese durch die Nachbargebilde weiter verbreiten und so Wirkungen, die nicht von den Nerven abhängen, hervorrufen. Ich nehme daher nur Wasser als Zwischenflüssigkeit des §. 4338 beschriebenen Magnetelektromotors und gebrauche die dünnsten, mit Siegellack überzogenen Leitungsdräthe. Die Enden von diesen werden so sehr zusammengebogen, daß ihr wechselseitiger Abstand nur ½ bis ¼ Mm. beträgt. Man kann dann beide Pole an einen Nervenstamm oder einen Knoten ohne Gefahr anlegen. Ich pflege aber die Stärke des Stromes, um mich noch mehr zu sichern, mit der Zungenspitze zu prüfen und sie, wenn es nöthig wird, durch die Entfernung der Unterlage des Hammers oder seltener durch den Gebrauch des Moderators noch mehr zu schwächen (S. 404).

Habe ich eine deutliche Wirkung erhalten, so wiederhole ich den Versuch, indem ich die Dräthe an die Aorta, an eine der Hohl- oder der Lungenvenen oder überhaupt an eine dem Herzen näher gelegene Stelle anbringe. Es ist mir sogar vorgekommen, daß ich die Leiter an eine Vorkammer, nicht aber an die entfernten Nerven vergeblich anlegte. Bleibe ich trotz dieser Gegenversuche zweifelhaft, so schneide ich das Herz aus, lege es an seine frühere Stelle und reize den Nerven von Neuem. Fehlt der Erfolg dieses zweite Mal, während das Herz selbst noch empfänglich ist, so unterstützt dieses die Annahme, daß die frühere Wirkung von dem Nerven und nicht von der Durchleitung des elektrischen Stromes abhing.

Die Zahl der Herzschläge kann sich in Folge der Nervenreizung wesentlich ändern. Viele neuere Forscher scheinen die Zahlen, die man in dieser Hinsicht mittelst der Secundenuhr bestimmt, als die vorzüglichsten Beweismittel des Nerveneinflusses anzusehen. Man darf aber hierbei nicht vergessen, daß nichts so leicht täuschen kann, als die bloße Abzählung der Herzschläge, vorzugsweise der Säugethiere. Diese wechseln schon häufig von selbst an dem bloßgelegten Herzen. Die Menge der Zusammenziehungen nimmt hierbei keineswegs nach dem Tode stetig ab. Man stößt häufig genug auf Vergrößerungen der Zahlen der Herzschläge, ohne daß man die Ursache der Veränderung irgendwie angeben könnte. Hat man die Nerven frisch getödteter Kaninchen mehrere Male angesprochen und ist vorzüglich der Herzschlag seltener geworden, so bemerkt man in der Regel so viele Schwankungen, daß man eine sichere Ueberzeugung fast nie gewinnt. Es kann sich sogar ereignen, daß die Zahl der Herzschläge vollkommen unverändert bleibt, während sich deutliche Folgen der Nervenreizung durch andere Merkmale verrathen. Die rechte, zuletzt absterbende Vorkammer eines Kaninchens schlug z. B. nur 6—7 Mal in 30 Secunden, vor, während und nach der Reizung des rechten untersten Hals- und des obersten Brustknotens des Grenzstranges. Der Einfluß des Magnetelektromotors gab sich aber nichtsdestoweniger dadurch zu erkennen, daß sich die Vorkammer kräftiger zusammenzog, oder daß zwei Schläge derselben rasch hinter einander auftraten und eine Bewegung der rechten Kammer, die früher nicht vorhanden war, nachfolgte.

Aeltere Beobachtungen, die ich mit mechanischen und chemischen Reizmitteln, so wie mit schwächeren oder stärkeren galvanischen Ketten angestellt hatte, führten mich schon zu der Ueberzeugung, daß die Halsstämme des herumschweifenden und des sympathischen Nerven, der unterste und vielleicht auch der oberste Hals- und die obersten Brustknoten, die Herzzweige (R. R. cardiaci) und die Herzgeflechte die Verkürzungserscheinungen der

einzelnen Herztheile anregen oder verändern können [1]). Wiederholte ich diese Untersuchungen mit Hilfe des Magnetelektromotors unter den oben angeführten Vorsichtsmaaßregeln, so gelangte ich zu ähnlichen Schlüssen. Ich bediente mich hierzu einen bis zwei Monate alter Kaninchen, welche durch Erstickung getödtet worden waren. Man öffnete die Brust- und die Schädelhöhle, entfernte das große, das kleine Gehirn und das verlängerte Mark, leitete die künstliche Athmung ein und legte die entsprechenden Nervenstämme am Halse und in der Brust bloß.

Stellte ich z. B. den Versuch im Anfange, als das Herz noch mit Lebhaftigkeit schlug, an, so zog es sich mühsamer und spärlicher zusammen, so wie die Dräthe des Magnetelektromotors an die beiden Halsstämme des herumschweifenden Nerven ungefähr in der Mitte der Länge des Halses angelegt wurden. Das Hinderniß, auf welches die Verkürzung stieß, verrieth sich in den Kammern am deutlichsten. Es ereignete sich hierbei, daß sich nicht die ganze Masse des Ventrikels auf ein Mal verkürzte, sondern daß die Zusammenziehung mühsam und in einer Art von Wellenbewegung längs der Oberfläche dahin ging. Wiederholte man den Versuch an den beiden Halsstämmen des sympathischen Nerven, so fehlten diese Erscheinungen. Die Zahl der Herzschläge nahm aber sichtlich zu. Es ist jedoch zu bemerken, daß dieser Erfolg nicht selten auch die gleichzeitige Anregung der beiden herumschweifenden Nerven begleitete.

Es kam in anderen Kaninchen vor, daß das ganze Herz oder vorzüglich die Kammern still standen, so lange die Dräthe des Magnetelektromotors an den herumschweifenden Nerven anlagen, nach Entfernung derselben aber lebhafter fortklopften. Es zeigte sich in anderen Fällen, daß der Stillstand nur die ersten Augenblicke anhielt und die schnellere Pulsation noch während des Durchganges der Ströme zum Vorschein kam. Mäuse, die ich in Aether betäubt hatte, lieferten ähnliche Ergebnisse.

Ich wartete in einem anderen Kaninchen, bis das Herz nicht mehr von selbst fortschlug, und legte dann die nur $\frac{1}{4}$ Mm. von einander entfernten Dräthe an den zweiten Brustknoten des rechten Grenzstranges. Die rechte Vorkammer zog sich sogleich auf das Kraftvollste zusammen. Dieser Versuch ließ sich mehrere Male mit dem gleichen Erfolge wiederholen. Die Anregung des ersten Brustknotens führte zu entsprechenden Erscheinungen. Legte man dagegen die $\frac{1}{4}$ Mm. abstehenden Spitzen der Elektroden an die Aorta, oder an die Oberfläche der rechten Vorkammer, so fehlte die Wirkung. Die Anregung der Nerven griff daher hier stärker, als die Reizung, welche die Muskelfasern von selbst traf, durch. Waren die Versuche, die ich an den Nerven machte, eine Reihe von Malen wiederholt worden, so begann die rechte Vorkammer von selbst fortzuklopfen. Die gleiche Nervenerregung führte aber jetzt zu keiner sichtlichen Veränderung mehr.

Der Magen vorzüglich des Kaninchens kann vier verschiedene Arten von Verkürzungserscheinungen darbieten. 1) Es bilden sich thalartige Furchen, die im Allgemeinen in der Richtung der Längenachse des Körpers dahingehen, mithin auch auf der längeren Querachse des Magens selbst nahebei senkrecht stehen. Sie sind nicht selten so breit, daß man fast den kleinen Finger hineinlegen könnte. Ich habe diese Wirkung bei dem Gebrauche des Magnetelektromotors in Hunden und Kaninchen häufig wahrgenommen. 2) Es zeigen sich linienförmige Einschnürungen, die meist in ähnlichen Richtungen, wie die unter Nr. 1 erwähnten Furchen verlaufen. Man erhält sie nicht selten nach mechanischen Reizen in den verschiedensten Säugethieren. 3) Es kommt eine peristaltische Bewegung, vorzüglich am Pförtnertheile zu Stande. 4) Man bemerkt eine feine Runzelung an dem Bauchfellüberzuge. Es erzeugt sich eine Reihe von schillernden Linien, wie sie z. B. auch an durchschnittenen und elastisch zurückgezogenen Nerven oder Sehnen auftreten. Es kann hierbei vorkommen, daß ein Theil jener Linien der Längenachse des Körpers entsprechend dahingeht, während ein anderer mehr der Quere nach verläuft. Diese Erscheinung setzt den geringsten Grad von Reizempfänglichkeit voraus. Hat der Magen eine Zeit lang an der Luft gelegen und bleibt jeder Versuch, den man mit dem Magnetelektromotor anstellt, erfolglos, so gelingt es bisweilen noch, die Runzelung zu Stande zu bringen, so wie man mit einem feuchten Schwamme über die Oberfläche des Magens dahinfährt.

---

[1]) Vergl. z. B. E. Bruener, Disquisitio experimentis illustrata de singulorum Nervi sympathici partium VI. in cor. Berolini 1836. 8. p. 40 fgg. De functionibus nervorum. p. 62. Longet. a. a. O. Tome II. p. 605.

Die Anregung des herumschweifenden Nerven kann alle diese vier Arten von Veränderungen im Magen hervorrufen (§. 4342). Mag man die Wurzeln des herumschweifenden und des Beinerven in der Schädelhöhle, den Halsstamm oder den Brustst amm des Vagus ansprechen, so begegnet man häufig den eben erwähnten Erscheinungen im Kaninchen sowohl, als im Hunde. Manche Forscher [1]) stellen es in Abrede, daß der sympathische Nerv Bewegungen im Magen nach sich zieht. Diese Ansicht stützt sich vorzugsweise darauf, daß es nicht gelang, Magenverkürzungen durch Reizung des Sonnengeflechtes anzuregen. Ich bemerkte sie jedoch schon in früheren Versuchen, wenn ich den Halsstamm oder die obersten Brustknoten des sympathischen Nerven in Kaninchen gereizt hatte [2]). Legte Volkmann [3]) die Dräthe des Magnetelektromotors an den Brusttheil des Grenzstranges einer erhängten Katze, so entstanden heftige peristaltische Bewegungen in dem Magen und den Gedärmen. Ebenso verkürzte sich der Magen eines jungen Hundes mit großer Lebhaftigkeit, sowie der größere Eingeweidenerv (R. splanchnicus major) unmittelbar vor seinem Eintritt in das Sonnengeflecht angesprochen wurde. Ich erhielt lebhafte Magenbewegungen eines erwachsenen Hundes, wenn ich die Gegend des obersten Brustknotens des Grenzstranges mit den Dräthen des Magnetelektromotors berührte. Ich kann endlich noch einen anderen Versuch anführen, der das Gleiche auf mittelbarem Wege beweist.

Ich öffnete die Körperhöhlen eines durch Erstickung getödteten zweimonatlichen Kaninchens, durchschnitt die Speiseröhre und die an ihr sogleich in die Augen fallenden Vagusstämme oberhalb des Zwerchfelles und entfernte hierauf das große und das kleine Gehirn. Legte ich nun die Dräthe des Magnetelektromotors an die vordere Durchschnittsfläche des verlängerten Markes, so bildeten sich zahlreiche fingerbreite (S. 427 unter Nr. 1 beschrieben) Einschnürungen. Es entstanden zugleich lebhafte peristaltische Bewegungen, die nach dem Zwölffingerdarme gerichtet waren. Ich entfernte dann das verlängerte Mark und legte die ungefähr ½ Mm. wechselseitig abstehenden Enden an die obere Durchschnittsfläche des Rückenmarkes. Der mit Speisen gefüllte Magen bekam dann die unter Nr. 4 S. 427 erwähnten Runzeln. Dieser Versuch beweist so viel, daß noch andere Nervenfasern, als die, welche mit den Vagusstämmen und dem Speiseröhrengeflechte in die Bauchhöhle treten, Verkürzungen im Magen anregen können.

Die Wurmbewegung der dünnen Gedärme, welche der Eröffnung der Unterleibshöhle zu folgen pflegt, stört natürlich die Beobachtungen, die man über die Abhängigkeit jener Gebilde von dem Nervensysteme anstellt, in hohem Grade. Sie fällt im Allgemeinen in Kaninchen lebhafter, als in Hunden aus. Sie verstärkt sich bisweilen nach der Reizung der bald zu erwähnenden Nerventheile in so auffallendem Maaße, daß der Versuch eine gewisse Beweiskraft zu erhalten vermag.

Da jene Regungen des Dünndarmes von dem Einflusse der in die Bauchhöhle einstürzenden Atmosphäre größtentheils herrühren, so hat man auch häufig den Versuch gemacht, nur die Bauchmuskeln zu entfernen und die durch das Bauchfell hindurchschimmernden Darmtheile ins Auge zu fassen. Es versteht sich von selbst, daß die geringste Verletzung des Bauchfells die Bemühungen vereitelt. Hat man aber auch diese Klippe vermieden, so können zwei unglückliche Nebenumstände Wurmbewegungen veranlassen. Man bemerkt sie nämlich sehr leicht, so wie man den Leichnam des Thieres unvorsichtig wendet oder eine andere mechanische Einwirkung durchgreifen läßt. Da sie überdies, wie wir später sehen werden, von den Centraltheilen des Nervensystems aus angeregt werden können, so ereignet es sich nicht selten, daß sie der Entfernung des Gehirns oder des verlängerten Markes auf dem Fuße nachfolgen.

Gelingt es, den Darm in vollkommener Ruhe zu erhalten, so gewinnt man das sicherste Ergebniß, wenn die erste Reizung eines Nerven Wurmbewegung in den durchschimmernden Stücken desselben hervorruft. Es kommt hierbei vor, daß sie nach einiger Zeit aufhört und nach einer zweiten Nervenreizung von Neuem eintritt. Man muß sich jedoch hier vor einer Täuschung in Acht nehmen. Da man nämlich nur einen Theil der dünnen Gedärme übersieht, so kann es sich ereignen, daß sich die Wurmbewegung auf eine versteckte Darmschlinge fortpflanzt und erst nach einiger Zeit an dem früheren Orte von Neuem auftritt (Bd. II. §. 2347).

---

[1]) Longet, a. a. O. Tome II. S. 608.
[2]) De functionibus nervorum p. 63.
[3]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. S. 414. 425.

Joh. Müller, Kürschner und viele andere Forscher haben schon die Bemerkung gemacht, daß die mechanische oder chemische Reizung des Sonnengeflechtes lebhaftere Wurmbewegungen in den dünnen Gedärmen nach sich zieht. Ich erhielt die gleichen Wirkungen, wenn ich den mittleren oder unteren Brusttheil des Grenzstranges oder die Eingeweideäste (R. R. splanchnici) ansprach. Der Bauchtheil des Grenzstranges pflegt schon auf die tieferen Abtheilungen des Nahrungskanales zu wirken. Die Peristaltik der dünnen Gedärme schien sich auch in meinen früheren Versuchen durch die Anregung mehrerer in der Schädelhöhle befindlichen Nerven, wie des dritten, des fünften und in der Katze auch des elften Paares zu verstärken. Dieses letztere Ergebniß hängt vielleicht mit dem schon §. 4343 erwähnten Einflusse, den der Halsstamm des herumschweifenden Nerven auszuüben vermag, zusammen.

Der Gebrauch des Magnetelektromotors bekräftigte diese älteren Angaben. Man kann hier die lebhaftesten Darmbewegungen durch den Anspruch des Grenzstranges oder der Eingeweideäste in Hunden, Katzen oder Kaninchen leicht anregen.

Man vermag aber auch wiederum mittelbar zu beweisen, daß die Bewegung der dünnen Gedärme von den Halsstämmen des herumschweifenden Nerven nicht ausschließlich abhängen. Ich hatte z. B. die beiden Vagi eines durch Verblutung getödteten, ungefähr vierwöchentlichen Albinokaninchens in der Mitte des Halses durchschnitten und die Bauchmuskeln ohne Verletzung des Bauchfelles entfernt. Stieß ich nun die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors in das kleine Gehirn nach dem verlängerten Marke hin ein, so geriethen die durchschimmernden Theile der dünnen Gedärme in die lebhafteste Wurmbewegung.

Der Reiz der Luft kann zwar auch die dicken Gedärme zur Verkürzung bringen. Dieser Fall tritt aber seltener, als in den dünnen Gedärmen auf. Man erhält daher auch hier häufiger befriedigendere Ergebnisse, wenn man selbst die Unterleibshöhle geöffnet hat. Das Erkalten und das Vertrocknen der Darmtheile, so wie die Trägheit der Reizbarkeitsverhältnisse vereiteln viele Beobachtungen, so daß man fünf oder sechs Kaninchen oder Hunde prüfen kann, ehe man einem völlig beweisenden Versuche begegnet. Der Mastdarm zeigt sich in der Regel beweglicher, als der Grimmdarm oder der Blinddarm. Er verfällt aber auch leicht von selbst in lebhafte Peristaltik oder in eine eigenthümliche stoßende Wurmbewegung.

Der Lenden- und der Heiligbeintheil des sympathischen Nerven wirken häufig auf das Deutlichste auf die einzelnen Abschnitte der dicken Gedärme. Der quere und der absteigende Grimmdarm des Pferdes bewegte sich auch nach dem Anspruche des Eingeweideastes. Budge [1]) bemerkte Bewegungen in dem Blinddarm des Kaninchens, wenn er die peripherischen, auf einer Glasplatte liegenden Stücke der Halstheile des herumschweifenden Nerven mit der Rotationsmaschine in Verbindung brachte. Setzt man die Dräthe in das verlängerte Mark ein, so erhält man nach jenem Forscher nur dann die Blinddarmbewegung, wenn die Vagi unverletzt sind. Ich kann diesem Ausspruche nicht beipflichten. Hatte ich die Speiseröhre nebst den anliegenden Nerven oberhalb des Zwerchfells durchschnitten und die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors in das verlängerte Mark eingesenkt, so zog sich der stark gefüllte Blinddarm mehrere Male auf das Deutlichste zusammen.

Die örtlich beschränkten Verkürzungen des Verdauungskanals können ebenfalls häufig die bewegenden Einflüsse der Aeste des sympathischen Nerven nachweisen. Drückt man einzelne Zweige, die in dem Gekröse verlaufen, so erhält man nicht selten eine Einschnürung in dem gegenüberliegenden Darmtheile, während die Nachbargebilde ruhig bleiben oder eine stärkere oder schwächere Wurmbewegung gleichfalls darbieten. Diese Versuchsweise pflegt an dem Mastdarme am Leichtesten zu gelingen.

Mag die Harnblase strotzend gefüllt und ausgedehnt oder zu einem großen Theile entleert sein, so verfällt sie doch nicht selten in lebhafte Bewegungen, sowie man die Bauchhöhle geöffnet hat. Sie bleibt dafür in anderen Fällen unter allen Verhältnissen ruhig oder zieht sich nur ganz allmählig zusammen. Hat man ihre Verkürzung in irgend einer Weise angeregt, so ereignet es sich häufig, daß die wühlenden Bewegungen die längste Zeit fortdauern, daß der Umfang der Blase nach und nach beträchtlich abnimmt

[1]) Budge, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abtheilung 1. Braunschweig 1847. 8. S. 422.

und daß ein großer Theil des Harnes zur Harnröhre heraustritt. Es ergiebt sich hieraus, daß die Blase manche Täuschungen zu veranlassen vermag. Man überzeugt sich dessenungeachtet in vielen Fällen, daß ihre Verkürzungen von dem unteren Lenden- und vorzüglich vom Heiligbeintheile des Grenzstranges aus angeregt werden können. Man sieht oft deutlich, wie die Zusammenziehung an der Seite, an welcher die Nerven angesprochen worden, beginnt, sich aber bald allgemeiner verbreitet. Die vorderen Aeste der unteren Lenden- und der Heiligbeinnerven führen hier häufig zu ähnlichen Ergebnissen.

Die drei größeren und leicht zugänglichen Ausführungsgänge von Drüsen, die man in der Unterleibs- und der Beckenhöhle binnen Kurzem bloßlegen kann, der Gallengang, der Harnleiter und der Samenausführungsgang verhalten sich sehr ungleich. Es ist mir bis jetzt in Hunden, Katzen und Kaninchen nie gelungen, eine peristaltische Bewegung des Gallenausführungsganges oder der Gallenblase mittelst irgend einer Nervenreizung zu Stande zu bringen. Jener verkürzte sich dagegen deutlich im Pferde, als ich den größeren Eingeweideast der rechten Seite angesprochen hatte.

Der Harnleiter liefert häufiger befriedigende Ergebnisse. Ich sah lebhafte Wurmbewegungen desselben, als ich die Bauchknoten des sympathischen Nerven in Pferden oder Kaninchen ansprach. Der Ort, an dem die Verkürzung begann, lag um so höher, je höher sich der gereizte Knoten selbst befand. Die Bewegung schritt immer von den Nieren nach der Harnblase zu fort

Die Peristaltik des Samenleiters kann ebenfalls oft in Kaninchen und Meerschweinchen, seltener in Pferden auf dem Wege der Nervenreizung hervorgerufen werden. Die beiden untersten Lenden- und der oberste Heiligbeinknoten führten mich hier zum Ziele in früheren Versuchen. Ich sah in neueren Beobachtungen den gleichen Erfolg, wenn ich den untersten Lendentheil des Sympathicus mechanisch ansprach.

Reizte ich den untersten Lenden- und den obersten Heiligbeintheil des Grenzstranges in erwachsenen Meerschweinchen, so zogen sich die Samenbläschen auf das Lebhafteste zusammen. Die Bewegung verlief von oben nach unten. Ihre Wirkung fiel so bedeutend aus, daß ein Theil des Inhaltes der Samenbläschen zur Mündung der Harnröhre hervortrat.

Die Gebärmutter und die Fallopischen Röhren können von den gleichen Theilen des Sympathicus zu Verkürzungen angeregt werden. Glückliche Fälle lieferten dann eine lebhafte Peristaltik, die in der Richtung vom Eierstocke nach der Scheide in den von mir gemachten Untersuchungen hinablief.

Was die Geschlechtswerkzeuge betrifft, so gelangen mir die eben erwähnten Beobachtungen nur an erwachsenen oder wenigstens an nicht ganz jungen Thieren. Die Annäherung der Brunstzeit scheint das Gelingen derselben zu begünstigen. Gebrauchte ich weibliche Kaninchen oder Meerschweinchen, die sich ungefähr in der Mitte ihrer Schwangerschaft befanden, so verhielt sich die Gebärmutter sehr träge.

Man darf mit Recht vermuthen, daß der sympathische Nerv auf die Gefäßstämme, die er mit zahlreichen Zweigen umspinnt, wesentlich einwirkt. Es ist aber fast immer unmöglich, deutliche Veränderungen selbst mit Hilfe der an den Grenzstrang gelegten Dräthe des Magnetelektromotors in Hunden, Katzen oder Kaninchen hervorzurufen. Frühere Beobachtungen, die ich am Pferde anstellte, schienen eher zum Ziele zu führen. Drückte ich den Brusttheil des Sympathicus zusammen, so hatte es bisweilen den Anschein, als wenn sich die Brustaorta oder der Milchbrustgang lebhafter, als unter dem bloßen Einflusse der Atmosphäre verengten. Der Bauchtheil des Grenzstranges schien in ähnlicher Weise auf die benachbarte Abtheilung der Hohlvene zu wirken [1]). Ich hatte in neueren Versuchen ein frisch getödtetes junges Kaninchen, in dem sich der an das Herz grenzende Theil der oberen Hohlvene mit der rechten Vorkammer abwechselnd zusammenzog. Brachte ich diese zum Stillstande, indem ich die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors an die rechte Kammer anlegte, so ruhte auch die Bewegung der Hohlvene.

4378 **Einfluß der peripherischen Nerven auf die Ernährungserscheinungen.** — Wir wollen hier wiederum nur vorläufig die bis jetzt bekannten Thatsachen berücksichtigen, die Erklärung derselben dagegen

---

[1]) De functionibus nervorum. p. 62. 63.

für die Betrachtung der allgemeinen Nervenverhältnisse aufsparen. Die Frage, ob die Nervenknoten eine wesentliche Rolle in dieser Hinsicht übernehmen, wird auch dort näher besprochen werden.

Hat man den Hüftnerven in der Mitte des Oberschenkels, das Hüft- 4379
geflecht oder dessen Hauptäste oberhalb oder unterhalb der Verbindungszweige des Grenzstranges des sympathischen Nerven im Frosch durchschnitten, so bemerkt man keine durchgreifende Störung in dem Capillarkreislaufe der Schwimmhaut. Es ist nicht möglich, eine Erweiterung der feinsten Blutgefäße auf dem Wege der mikrometrischen Messung nachzuweisen. Reizt man die hinteren Wurzeln der zu dem Beine verlaufenden Nerven mechanisch oder chemisch, so kann man keine Veränderung der Blutbewegung in der Schwimmhaut mit Sicherheit erkennen.

Die Folgen der oben erwähnten Nervenverletzungen wechseln in hohem Grade mit Verschiedenheit der Geschöpfe. Hatte ich große und kräftige unmittelbar vorher eingefangene grüne Grasfrösche gebraucht, so fehlten alle bleibenden Gewebeentartungen, ich mochte die Thiere in bloßem Wasser oder in schwach befeuchtetem Moose aufbewahren. Man bemerkte höchstens an einzelnen Tagen, daß manche Blutgefäße der Schwimmhaut durch ihre rothe Farbe auffielen, daß sich die Oberhaut lappenartig losstreifte oder daß sich ein Leiden an der Fußsohle einstellte. Diese Krankheitserscheinungen schwanden wieder nach einiger Zeit. Das gelähmte Glied kehrte zu seinen regelrechten Verhältnissen scheinbar wieder. Konnte ich aber die Thiere vier Monate lang am Leben erhalten, so bemerkte man auf den ersten Blick, daß der Ober- und der Unterschenkel des kranken Beines auffallend abgemagert waren und daß die Haut gleichsam zu weit für das Uebrige zu sein schien.

Andere grüne oder braune Frösche dagegen lieferten tiefer greifende Störungen. Die Oberhaut ging in großen Lappenstücken davon. Das gelähmte Glied schwoll in beträchtlicherem Grade wassersüchtig an. Der Capillarkreislauf schien in einzelnen Stellen der Schwimmhaut hin und wieder zu stocken. Diese oder die Schenkelhaut überhaupt besaß eine auffallend blasse Färbung. Es erzeugten sich Geschwüre an den Zehen oder auch an anderen Stellen, z. B. in der Nähe des Fußgelenkes, an der Innenseite des Oberschenkels. Sie zerstörten einzelne Knochen und Weichgebilde der Phalangen. Manche von ihnen können nach Stannius[1]) zuheilen und später wieder aufbrechen. Hannover und Stilling bemerkten überdies, daß Schimmelbildungen mit Leichtigkeit emporwuchern.

Läßt man die Frösche längere Zeit in dem gleichen Wasser, so daß dieses schmutzig wird, so leiden schon bisweilen gesunde Thiere, vorzüglich wenn sie gehungert haben und bedeutenden Wärmegraden ausgesetzt sind. Die oben erwähnten Ernährungsstörungen finden sich an den operirten Geschöpfen leichter ein. Hält man diese in feuchtem Moose, so sind sie vor jenen nachtheiligen Folgen eher geschützt. Die lappige Losstoßung der Oberhaut,

[1]) Stannius, in Müller's Archiv. 1847. S. 457.

vorübergehende wasserſüchtige Anſchwellungen, die Geſchwürsbildungen und die ſpätere Abmagerung können aber deſſenungeachtet wiederkehren.

Da viele Forſcher die Ernährungserſcheinungen von den Faſern des ſympathiſchen Nerven oder den Aeſten der Ganglien überhaupt abhängig machten, ſo hat man häufig Verſuche am Froſche angeſtellt, um ſich eine Erfahrungsgrundlage für jene Vorſtellungsweiſe zu verſchaffen. Es können hier die Verbindungsfäden, die von dem Grenzſtrange des ſympathiſchen Nerven zu dem Hüftgeflechte hinübergehen, und der unterſte Theil des Sympathicus ſelbſt ohne Gefahr verletzt werden. Macht man nämlich einen Einſchnitt zur Seite des Schwanzbeines, ſo gelangt man mit Leichtigkeit zu dem Hüftgeflecht. Man kann die einzelnen Aeſte deſſelben oberhalb oder unterhalb der von dem Sympathicus kommenden Verbindungszweige durchſchneiden oder dieſe ſelbſt lostrennen. Die Letzteren dienen auch am beſten als Leiter, um den Grenzſtrang aufzuſuchen. Man vermag zu allen dieſen Theilen zu gelangen, ohne das Bauchfell zu verletzen. Reißt man die Zweige des Hüftgeflechtes ſo hoch als möglich aus oder ſchneidet man ſie umgekehrt ſehr tief durch, ſo erzeugt man in der Regel keine irgend beträchtliche Blutung. Dieſe findet ſich dagegen eher ein, ſo wie man den Grenzſtrang des Sympathicus ſelbſt anzugreifen ſucht. Viele Thiere gehen auch deshalb nach einigen Tagen zu Grunde. Wollte man dagegen die Bauchhöhle öffnen und die erwähnten Nerven von vorn her angreifen, ſo würde man ein Verſuchsverfahren wählen, das die ſchädlichſten Folgen nothwendiger Weiſe nach ſich zöge.

Hatte Walther [1]) die Verbindungsfäden des Grenzſtranges und des Hüftgeflechtes durchſchnitten, ſo glaubte er aus der Mehrzahl ſeiner Erfahrungen ſchließen zu müſſen, daß der Kreislauf im Anfange mit völliger Regelmäßigkeit in der Schwimmhaut vor ſich geht, daß aber die Schnelligkeit deſſelben in der Folge zunimmt. Die Netze der Capillaren vergrößerten ſich. Dieſe ſchloſſen weniger Blutkörperchen, als ihren Durchmeſſern entſprach, ein. Ihre Breite nahm um $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ ab. Die Schwimmhaut ſelbſt wurde blaſſer. Es zeigte ſich hierauf wieder in der Regel ein Zeitraum, in welchem dieſe Abweichungen mangelten. Die Blutbewegung verlor noch ſpäter ihre gewöhnliche Geſchwindigkeit. Sie ſtockte endlich in einzelnen und zwar vorzüglich in den größeren Gefäßen. Die Knochen löſten ſich hier bei unvorſichtiger Behandlung von den Weichtheilen los. Die Bewegungskraft der Hinterbeine war nicht geſchwächt. Hatte Bidder [2]) die gleichen Verſuche wiederholt, ſo konnte er ſich von der Beſtändigkeit der von Walther angegebenen Thatſachen und vorzüglich von der Durchmeſſerveränderung der feinſten Blutgefäße, die er auch für die Entzündungserſcheinungen bezweifelt, nicht überzeugen. Axmann [3]) glaubt bemerkt zu haben, daß die Verkürzungsfähigkeit der Muskeln der Hinterbeine unter jenem Eingriffe leidet, der Blutlauf der Schwimmhaut unterbrochen wird, die Gefäße derſelben überfüllt ſind und viel Blutflüſſigkeit enthalten, daß die Gedärme erweicht werden, die Abſonderungen aufhören und Blutextravaſate in den entſprechenden Theilen zu Stande kommen. Dieſe Wirkungen ſollen nach ihm nie mangeln.

Wenn Axmann [4]) die Nervenwurzeln, die den Hinterbeinen angehören, getrennt hatte, ſo bemerkte er in keinem Falle irgend eine Störung in den Ernährungserſcheinungen. Wunden der Weichgebilde oder Knochenbrüche heilten eben ſo raſch, als in geſunden Thieren. Trennte er die Stämme des Hüftgeflechtes zwiſchen dem Spinalknoten und dem Verbindungszweige des Grenzſtranges [5]), ſo erblaßte die Haut. Die Pigmentzellen derſelben verkleinerten ſich zu runden Punkten. Es erweichten die Gewebe. Leber und Nieren ſollen nichts mehr abgeſondert haben. Es bildeten ſich waſſerſüchtige Ausſchwitzungen, die Gallenfarbeſtoff und Harnſäure enthielten. Es ſchwanden die Blutkörperchen. Man fand endlich, daß die Gefäße des Rückenmarkes und der Hüllen deſſelben übermäßig eingeſpritzt waren. Durchſchnitt endlich Axmann [6]) vergleichungsweiſe den

---

[1]) A. v. Walther, in Müller's Archiv. 1844 S. 448.
[2]) Bidder in Henle u. Pfeuffer's Zeitſchrift. Bd. IV. Heidelberg, 1845. S. 353.
[3]) C. F. Axmann, De Gangliorum systematis structura penitiori ejusque functionibus. Berolini 1847. 4. p. 24.
[4]) Axmann, a. a. O. pag. 16.
[5]) Axmann, a. a. O. pag. 19.
[6]) Axmann, a. a. O. pag. 22 fgg.

Hüftnerven an der einen Seite unterhalb und an der anderen oberhalb der Verbindung mit dem sympathischen Nerven, so sollen die Ergebnisse, wenn ich das Mitgetheilte richtig aufgefaßt habe, insofern abweichen, als die unwillkührlichen Verkürzungsgebilde ihre Fähigkeit der Zusammenziehung in dem ersteren Falle verlieren und die Stockungen des Kreislaufes hier vorherrschend hervortreten. Wurden endlich die Untertheile der beiden Grenzstränge des Sympathicus in 14 Fröschen ausgerottet, so zeigten sich die Blutgefäße der Hinterbeine und der Beckenorgane im Uebermaaße angefüllt. Sie hatten ihr Verkürzungsvermögen verloren. Die Schleimhäute waren erweicht. Es hatte sich Blut in die Blase und den Mastdarm ergossen. Es mangelte die Harnabsonderung. Es kamen wassersüchtige Ausschwitzungen zum Vorschein. Diese Ergebnisse kehrten in allen Versuchen wieder, welche an dem eßbaren Grasfrosche angestellt worden sind.

Ich habe ähnliche Untersuchungen zu verschiedenen Zeiten gemacht, bin aber nie zu so entschiedenen Resultaten, wie sie Axmann [1]) mittheilt, gelangt. Manche von diesem Forscher angegebenen Verhältnisse fehlten mir gänzlich. Ich war niemals so glücklich, daß mir eine größere Reihe gleichzeitig eingefangener und auf dieselbe Weise verstümmelter Thiere immer genau dieselben Ergebnisse lieferte. Ich gebrauchte hierzu früher theils den grünen Grasfrosch (Rana esculenta), theils aber auch den Wetterfrosch (Rana temporaria). Eine neuere Versuchsreihe dagegen, aus der Mehreres in den folgenden Bemerkungen hervorgehoben worden, bezieht sich auf frisch eingefangene grüne Grasfrösche, von beträchtlicher Größe, die im Laufe des Monat Juni operirt wurden.

Lassen wir den noch unbekannten Einfluß der Jahreszeiten bei Seite, so kann man bald bemerken, daß hier viele Eigenthümlichkeiten mit der Verschiedenheit der Thiere hervortreten. Es ereignet sich, daß das gesunde oder das gelähmte Bein von grünen, frisch eingefangenen Grasfröschen, wenn man sie selbst nur in feuchtem Moose aufbewahrt, und zwar vorzüglich der Fuß ödematös wird, oder daß die Schwimmhaut einzelne, dem freien Auge durch ihre Röthe auffallende Gefäße darbietet, daß aber diese krankhaften Zeichen nach einen oder zwei Tagen schwinden und in längerer Zeit nicht wiederkehren. Ich sah z. B. diesen Wechselfall an dem gelähmten Beine eines Frosches, dessen Hüftgeflechtäste oberhalb der sympathischen Verbindungsfäden durchschnitten worden waren und den ich in schwach befeuchtetem Moose aufbewahrt hatte. Es kam mir in einem zweiten, eben so verstümmelten und auf die gleiche Art aufbewahrten Thiere vor, daß eine stärkere Anschwellung an dem gelähmten linken und eine schwächere an dem gesunden rechten Beine 24 Stunden nach der Nervendurchschneidung vorhanden war. Sie hatte sich aber wieder den Tag darauf gänzlich verloren. Die Schwimmhaut des gelähmten Fußes war 24 Stunden früher auffallend geröthet, an dem folgenden Tage dagegen eben so blaß, als die der gesunden Seite. Verfolgt man die Erscheinungen längere Zeit, so können sich solche Wechselfälle mehrfach wiederholen. Es hängt daher zum Theil vom Zufall ab, was man an dem lebenden oder dem absichtlich getödteten Thiere vorfindet.

Der Einfluß, den die Aufbewahrungsweise ausübt, schwankt ebenfalls in hohem Grade. Man kann im Allgemeinen behaupten, daß gesunde oder kranke Frösche, die man in einem mit Wasser gefüllten Gefäße hält, ihre Oberhaut leichter und in größeren Lappen losstoßen und daß die gelähmten Glieder an Wassersucht eher leiden. Man begegnet aber auch hier den bestimmtesten Ausnahmen. Ich habe z. B. große, grüne, frisch eingefangene Grasfrösche, denen ich das Hüftgeflecht oberhalb der sympathischen Verbindungsfäden durchschnitten oder ausgerissen und einen, dessen Hüftnerv ich in der Mitte des Oberschenkels getrennt hatte, mehrere Wochen in nicht gewechseltem Wasser in einem kühlen Zimmer aufbewahrt, ohne daß sich wassersüchtige Beschwerden einfanden. Ich hatte das Hüftgeflecht in zwei sehr großen frischen grünen Grasfröschen oberhalb und in einem unterhalb der sympathischen Verbindungsfäden durchschnitten. Die Thiere wurden die ersten acht Tage in feuchtem Moose aufbewahrt. Da sich keine Ernährungsstörungen einfanden, so versetzte ich jedes in ein Gefäß, dessen Boden mit Wasser bedeckt war, so daß dieses die Hinterbeine und einen Theil des Rumpfes bespülte. Obgleich ich neues Wasser nur dann, wenn das frühere zu einem großen Theile verdunstet war, hinzugoß, obgleich indeß die Flüssigkeit sehr schmutzig geworden war, so zeigte sich doch keine Stockung des Blutlaufes der Schwimmhaut, keine Geschwürsbildung, keine Wassersucht und keine Abnahme der größten schwarzen Pigmentzellen in den drei Monaten, in denen

[1]) Axmann, a. a. O. p. 25 fgg.

ich die Thiere auf die erwähnte Art aufbewahrte und in denen ich nur etwa vier Mal frisches Wasser hinzugegossen hatte. Das gelähmte Bein war nur auffallend magerer und die Haut desselben gleichsam zu weit geworden.

Gebrauchte ich große frisch eingefangene grüne Grasfrösche, so kehrte der zuletzt erwähnte Mangel der Ernährungsstörungen, die Abmagerung ausgenommen, wieder, ich mochte die hinteren oder die vorderen Nervenwurzeln durchschnitten, die Aeste des Hüftgeflechtes oberhalb der sympathischen Verbindungsfäden ausgerissen, sie unterhalb dieser getrennt oder den Hüftnerven selbst angegriffen haben. Thiere mittlerer Größe, Frösche, die schlechter ernährt sind, die einige Zeit in einem dunkeln künstlichen Teiche zugebracht oder lange gehungert hatten, führen dagegen leichter zu jenen auffallenden Krankheiten des gelähmten Beines. Man sieht hier oft, daß sich die beträchtlichste wassersüchtige Anschwellung schon nach einem oder nach wenigen Tagen einfindet, so wie man die Thiere im Wasser aufbewahrt. Geschwürsbildungen treten dann eben so häufig hervor. Es hängt mit einem Worte von dem früheren Ernährungszustande des Frosches ab, welche Wirkungen nachfolgen. Gelingt es, ihn länger am Leben zu erhalten, so tritt die Abmagerung als beständiges Merkmal hervor. Alles Uebrige unterliegt dagegen den mannigfachsten Wechselverhältnissen.

Bedenken wir, daß hier die verschiedensten Schwankungen möglich sind, daß die Eiterbildung und die brandige Zerstörung in den kaltblütigen Geschöpfen unbestimmter ausfallen, so muß man zugeben, daß die größten Täuschungen in Fröschen möglich sind, wenn man nicht alle Nebenverhältnisse scharf im Auge behält. Was die Pigmentzellen betrifft, so bemerkt man schon häufig, daß sich gesunde grüne Frösche, die man Monate lang im Dunkeln aufbewahrt und hungern läßt, schmutzig braun färben. Es ist mir dagegen nicht vorgekommen, daß sich diese Veränderung nur an dem gelähmten Beine einfand. Große grüne Grasfrösche, die ich vier Monate nach den verschiedensten Verletzungen des Hüftgeflechtes der einen Seite aufbewahrte, hatten am Ende eben so große und eben so schwarze Pigmentzellen an beiden Beinen, wie im Anfange.

Hatte ich das Hüftgeflecht ober- oder unterhalb der sympathischen Verbindungsfäden durchschnitten, so klopften die hinteren Lymphherzen der großen grünen Grasfrösche Monate lang fort. Nahm ich die Thiere aus dem Wasser, so stießen sie häufig einen Flüssigkeitsstrahl zum After hervor.

Ein grüner frischer Grasfrosch, dessen Hüftgeflecht ich so tief als möglich getrennt hatte und der zwischen 48 und 66 Stunden nach dem Eingriffe gestorben war, zeigte die Eigenthümlichkeit, daß sich der Wadenmuskel des gelähmten Beines in der heftigsten Verkürzung der Todtenstarre befand und daß deshalb der Fuß nur wenig gebeugt werden konnte, während das gesunde Glied überall weich und nachgiebig erschien.

Hatte Schiff [1]) mehrere der hinteren Bauchknoten des sympathischen Nerven im Frosche ausgerottet, so fand sich später nur, daß das Bauchfell und die Gedärme mit Blut überfüllt waren und daß ergossene Flüssigkeiten die Unterleibshöhle ausdehnten. Die Thiere starben aber weit früher, als die, deren Hüftgeflecht verletzt worden. Ich entfernte die zwischen dem Darm- und dem Schwanzbeine befindliche Muskelmasse eines großen grünen frischen Grasfrosches, der seit neun Monaten in einem künstlichen dunkeln Teiche ohne besondere Nahrung aufbewahrt worden war, suchte die Stämme des Hüftgeflechtes auf, ging dann an den Verbindungsfäden zu dem Grenzstrange des sympathischen Nerven hinüber und riß von diesen so viel ich konnte aus. Dieser letztere Eingriff hatte eine nicht unbedeutende Blutung zur Folge. Die unmittelbar darauf vorgenommene mikroskopische Untersuchung lehrte, daß die entfernten Nerventheile zwei größere Knoten nebst einer Reihe von Nebenzweigen enthielten. Die spätere Leichenöffnung zeigte, daß jene der Gegend der Verbindungsfäden mit dem Schenkel- und dem Hüftnerven entsprachen. Das Thier, welches in Moos aufbewahrt wurde, überlebte den Eingriff fünf Tage und zeigte bis zum vierten keine äußerlich auffallende Ernährungsstörung. Beide Füße wurden zuletzt schwach ödematös und zwar der der gesunden Seite etwas stärker, als der der kranken. Es hatte sich etwas Flüssigkeit in den unverletzten Bauchfellsack ergossen. Magen und Dünndarm waren an einzelnen Stellen geröthet

[1]) M. Schiff, De vi motoria baseos encephali inquisitiones experimentales. Bockenhemii 1845. 8. p. 37.

und von einer halbflüssigen schleimigten Masse auffallend ausgedehnt. Der Mastdarm dagegen, der Reste eines verzehrten Käfers enthielt, und die Blase zeigten keine Spur dieser Abweichungen und enthielten keine geronnenen Blutmassen. Dagegen boten noch einzelne Stellen beider Eileiter eine auffallend rothe Färbung und zwar weit höher, als der Sympathicus ausgerissen worden, dar.

4380 Hat man den Hüftnerven eines Kaninchens oder eines Hundes durchschnitten, so pflegt sich das Thier in der Folge an der Sohle des gelähmten Beines aufzulaufen. Es erzeugt sich eine mit Krusten bedeckte Excoriation. Diese greift nicht selten so tief, daß selbst die Knochen zu leiden anfangen und daß sich einzelne Splitter derselben losstoßen. Die Haare reiben sich leicht ab. Sie scheinen sogar langsamer als sonst nachzuwachsen. Es kann sich ereignen, daß die Nägel entarten, daß der untere Theil des Gliedes abmagert oder daß sich beträchtliche Ergüsse und Anschwellungen in der Umgebung des Geschwüres erzeugen. Die Excoriationen heilen bisweilen, um später von Neuem aufzubrechen. Es kommt auch vor, daß manche dieser krankhaften Erscheinungen mit der theilweisen Wiedererzeugung der Nervenmassen gänzlich verschwinden. Sind hierbei einzelne Nägel verloren gegangen, so scheinen sie sich nicht wieder herzustellen [1]).

Ein von Romberg [2]) beschriebener Fall kann beispielsweise lehren, daß auch ähnliche Verhältnisse im Menschen wiederkehren. Dieffenbach hatte ein Neurom des Hüftnerven einer 50jährigen Frau ausgeschnitten. Die Verletzung lähmte die Muskeln des Unterschenkels und des Fußes. Das Bein selbst konnte aber noch mittelst der gesund gebliebenen Oberschenkelmuskeln bewegt werden. Es bildete sich bald darauf eine Ulceration an der Ferse. Das blasse, nicht sehr entzündete Geschwür bedeckte sich mit Schorfen und sonderte eine dünne Jauche ab. Die Nägel blätterten sich später los. Die Kranke hatte drei Jahre lang keine Stütze zum Gehen nothwendig. Der Fuß verbog sich aber nach und nach klumpfußartig, eine Erscheinung, die man auch bisweilen an Säugethieren unter den gleichen Verhältnissen beobachtet hat. Die Sohle sah nach innen, der Innenrand nach oben und die Frau trat nur mit dem Außenrande auf. Es erzeugte sich aber an diesem ein neues Geschwür, aus dem bisweilen Knochensplitter hervortraten. Das frühere an der Ferse hatte sich ebenfalls erhalten. Die Haut des Fußrückens erschien dunkelroth und glänzend. Die Oberhaut desselben und die eines Theiles des Unterschenkels bildeten viele große Borken und lösten sich in großen Schuppen ab.

Glieder, die in Folge allgemeinerer Leiden, durch Krankheiten des Gehirns oder Rückenmarkes gelähmt worden, liefern bisweilen mehr oder minder verwandte Ernährungsstörungen. Man stößt aber hier auf vielfache Schwankungen, deren Ursachen sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen noch nicht angeben lassen.

Die gelähmten Hautstellen erscheinen in der Regel blaß und welk. Sie widerstehen den äußeren Einwirkungen in geringerem Grade, als gesunde Theile. Eine mäßige Wärme, die sonst keine bleibenden Störungen zu veranlassen pflegt, führt hier leicht zur Blasenbildung und die Winterkälte zu blauen Färbungen der Haut oder zu Frostbeulen. Selbst halbgelähmte oder nicht vollkommen empfindliche Hautflächen bieten oft ähnliche Schwächen dar. Eine durch die Rhinoplastik neu angesetzte Nase, die ihre vollständige Nervenverbindung noch nicht gewonnen hat, bekommt leicht Wasserblasen. Sie wird häufig in der Kälte durch Brand zerstört. Ruhen Kranke anhaltend auf gelähmten Hautstellen, so röthen sich diese und bilden später Geschwüre, die leicht in Brand über-

[1]) Vergl. z. B. C. O. Steinrück, De nervorum regeneratione. Berolini 1838. 4. pag. 39 fgg.

[2]) M. H. Romberg, Lehrbuch der Nervenkrankheiten der Menschen. Bd. I. Berlin 1840. 8. S. 210.

gehen oder sich mit brandigen Krusten bedecken. Diese Erscheinungen treten am Gesäße und an der Ferse aus leicht begreiflichen Gründen am Ehesten auf. Die ähnlichen Veränderungen, die wir so häufig in Nervenfiebern, in Faulfiebern, in Wassersuchten, bei alten Leuten, die wegen eines Knochenbruches oder anderer Gründe halber lange liegen müssen, antreffen, rühren wahrscheinlich von verwandten Ursachen her.

Die Oberhaut schuppt sich oft in reichlicherem Maaße von den gelähmten Gliedern, deren Haut dunkel gefärbt oder geschwürig ist, los. Man findet anderseits häufig, daß die Oberfläche der unthätigen Gliedmaßen von Personen, die lange hemiplegisch gewesen, sehr glatt erscheint, daß es das Ansehen gewinnt, als ob sie eine sehr feine Haut besäßen und ihre äußersten Oberhautschichten inniger, als sonst zusammenhingen.

Es kommt vor, daß einzelne gelähmte Gliedmaßen ihre Form und ihre Rundung beibehalten. Andere dagegen verkrümmen sich theilweise. Die Hand eines Hemiplegischen kann z. B. in den Fingern und dem Handgelenke auffallend verbogen sein, während das Ellenbogengelenk eine solche Abweichung nicht darbietet. Glieder, die seit langer Zeit und vorzüglich in jüngeren Jahren gelähmt und daher nicht gebraucht worden sind, erscheinen schlaff, welk und abgemagert. Ihre Muskelfasern werden blaß und mürbe. Reichliche Fettmassen können sich zwischen deren einzelne Bündel eindrängen. Man findet sogar bisweilen, daß die blassen und vereinzelten Muskelfasern von den üppigen Fettmassen verdeckt und erst unter dem Mikroskope erkannt werden.

Die Fälle, in denen ein oder beide Beine in zartem Kindesalter gelähmt worden, zeigen in der Regel im Erwachsenen eine ziemlich beständige Reihe von Ernährungsstörungen. Das Glied, das schon seit Jahren völlig unbrauchbar gewesen, ist auffallend abgemagert und bisweilen verkürzt. Seine Knochengebilde haben sich weniger entwickelt. Die Hinterbacke ist abgeflacht, die Haut blaß, grau, an einzelnen Stellen bläulich gefärbt. Das Bein hängt schlaff herab, so daß es bei dem Gehen, das nur mit Hilfe von Krücken möglich ist, wie ein todter Körper nachfolgt oder wie ein Pendel hin- und herschwingt. Der in seinen Gelenken nachgebende Fuß schlottert und fällt mehr gegen den Boden, als daß er auf diesen wahrhaft aufgesetzt wird. Die Bänder des Kniegelenkes sind in dem Grade erschlafft, daß das Knie bei dem Versuche, einen Theil der Körperlast auf dem kranken Gliede zu stützen, nach hinten zu einknickt. Die Bänder des Hüftgelenkes geben bisweilen so sehr nach, daß der Kranke sein gelähmtes Bein über die Schulter schlagen kann. Die freien schlotternden Theile nehmen dann die Lage, welche ihnen die Schwere gebietet, an. Die leichenblasse Haut des Fußes fühlt sich an einzelnen Stellen sehr fein an. Sie bedeckt sich an anderen mit Blutaderknoten, Geschwüren, Borken oder Frostbeulen, zeigt oft Narben als Ueberreste solcher Störungen und erscheint an einzelnen Orten blaugrau, blauroth oder dunkelblau. Der Fuß ist in der Regel verhältnißmäßig lang und schmal, meist klump- oder plattfußartig verbogen oder sonst in hohem Grade mißgestaltet. Er hängt schief und schlotternd herab, so wie man den Unterschenkel emporhebt. Die Fußsohle ist tief ausgehöhlt. Die Zehen bleiben häufig gebogen. Auch der Oberschenkel wird bisweilen in schwach gebeugter Lage erhalten. Breuning [1]) bemerkte noch, daß die Beuger des Kniegelenkes (Biceps, Semimembranosus, Semitendinosus) und bisweilen auch der Schenkelspanner (Tensor fasciae latae) eine geringe anhaltende Verkürzung darbieten.

Wir haben schon Bd. I. S. 147 und 148 eine Reihe von Fällen, in denen die Eigenwärme gesunder und gelähmter Glieder vergleichungsweise bestimmt wurden, kennen gelernt. Die von Breschet und Becquerel angestellten thermomagnetischen Beobachtungen (Bd. I. §. 270) führten in dieser Hinsicht zu keinen wesentlichen Unterschieden. Urtheilt man nach den Eindrücken des Tastsinnes, so fühlen sich manche gelähmte Thiere kühler, als die gesunden an. Die thermometrische Prüfung bestättigt auch bisweilen dieses Ergebniß. (Vgl. z. B. die Erfahrungen von Carle Bd. I. S. 147. 148.) Romberg fand aber auch an der S. 435 erwähnten Frau, daß der äußere Knöchel und die Zehen des gelähmten Beines wärmer, als die des gesunden waren. Etwas Aehnliches wiederholte sich in einem von Griesinger beobachteten Falle allgemeinerer Hautlähmung, zu der sich rothe Striemen und ein brandiger Ausschlag an den wunden Orten

---

[1]) G. v. Breuning, Wiederbelebung gelähmter Glieder durch den Sehnenschnitt. Wien 1844. 8. S. 5.

hinzugesellt hatte. Die unempfindliche Gesichtshälfte eines Mädchens zeigte nach Meyer[1]) 1°,25 bis 1°,9 C. mehr Wärme, als die gesunde.

Die Versuche, welche man über die Verhältnisse der Entzündung und deren Folgen angestellt hat, führten ebenfalls zu schwankenden Ergebnissen. Die meisten Beobachtungen der Art wurden an Fröschen, Kaninchen und Hunden gemacht. Man fand bald gar keine Unterschiede, bald dagegen mehr oder minder bemerkliche Abweichungen. Die Entzündung und die durch sie bewirkte Wärmeerhöhung fielen in letzterem Falle schwächer, die flüssigen Ausschwitzungen dagegen stärker aus. Die Heilung der Wunden ging dann häufig langsamer vor sich. Beinbrüche vereinigten sich bisweilen unvollkommener[2]).

Gehen wir zu den Hirnnerven über, so ziehen nur die Verletzungen 4381
des dreigetheilten Nerven und des herumschweifenden Nerven Ernährungsstörungen, die mit durchgreifenden Ausschwitzungen verbunden sind, nach sich. Die Verletzung der übrigen Hirnnerven dagegen führt zu gar keinen oder zu minder stürmischen Veränderungen, die sogar häufig von der Zufälligkeit der Nebenverhältnisse vorzugsweise abhängen.

Hat man die Geruchsnerven von Kaninchen durchschnitten, so be- 4382
merkt man, wenigstens äußerlich, keine Trübung der Ernährungserscheinungen. Das Gleiche kann sich in Menschen, welche den Geruch, nicht aber die Tastempfänglichkeit der Nase verloren haben, wiederholen.

Wurde der Sehnerv im Kaninchen verletzt, so kann das Auge hell 4383
und durchsichtig bleiben. Es ereignet sich aber auch bisweilen, daß sich die Hornhaut trübt, daß Ausschwitzungen von der Regenbogenhaut nach der Linse hinübergehen und daß diese selbst ihr Gefüge verändert. Die gleichzeitige Zerreißung der Augengefäße kann diese Erscheinungen veranlassen. Es kommt in Amaurotischen häufig vor, daß sich die Hornhaut und die Linse verdunkeln, daß das Pigment des Auges sich vermindert oder seine Färbungen wechselt, daß sich die Gefäße der Bindehaut erweitern und daß sich Ausschwitzungen in den inneren Theilen der Gesichtswerkzeuge absetzen. Entzündliche Leiden der erblindeten Augen führen häufig zu diesen nachträglichen Störungen.

Es ist bis jetzt noch nicht dargethan worden, daß die Unthätigkeit des 4384
gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, des Rollmuskelnerven und des Augenmuskelnerven die Ernährungsverhältnisse wesentlich beeinträchtigt. Die Krankheitslehre konnte nicht mit Sicherheit nachweisen, daß jene Leiden die Beschaffenhaut der Innentheile des Augapfels wesentlich verändern. Hat man auch hin und wieder zu finden geglaubt, daß die entsprechenden Muskeln abgemagert waren, so ließe sich dieses aus ihrer anhaltenden Unthätigkeit erklären.

Thiere, in denen der eine Antlitznerv und zwar diesseit des Grif- 4385
felloches durchschnitten worden, zeigen keine unmittelbaren Abweichungen der Ernährungsthätigkeiten. Leidet ein Mensch an halbseitiger Gesichtslähmung, so erscheint die Gesichtshaut blaß und schlaff. Dauert das Uebel längere Zeit, so kann auch die entsprechende Hälfte des Antlitzes abma-

[1]) F. de Meyer, a. a. O. p. 22. 23 u. 29.

[2]) Vergl. z. B. R. Röchling, De vi, quam nervi exercent in inflammationem ejusque exitus. Bernae 1834. 8. p. 9 fgg. H. Nasse, in dessen und Fr. Nasse Untersuchungen zur Physiologie und Pathologie. Heft I. Bonn 1835. 8. S. 93 fgg.

gern. Geschwüre kommen nicht zum Vorschein. Man bemerkt dagegen bisweilen, daß sich die Bindehaut des Auges entzündet und daß sich selbst die Hornhaut trübt. Da aber die Augenlider nicht vollständig geschlossen werden können (S. 387) und die Oberfläche des Augapfels ihres hinreichenden Schutzes entbehrt, so lassen sich diese Erscheinungen aus mechanischen Ursachen erklären. Einzelne Forscher glauben auch bemerkt zu haben, daß der Speichel in geringerem Maaße abgesondert wird oder langsamer hervortritt.

4386 Die Erfahrungen, welche über die Lähmung des Hörnerven vorliegen, können nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die hierdurch bedingte Taubheit in allen Fällen mit Ernährungsstörungen verbunden ist. Wahrscheinlichkeitsgründe sprechen eher gegen die allgemeine Nothwendigkeit eines inneren Zusammenhanges jener Erscheinungen. Ist der Unterzungennerv eines Hundes oder einer Katze durchschnitten worden, so können sich in der Folge Runzeln an der Zungenoberfläche, die später wieder vergehen, erzeugen [1]). Man darf mit Recht vermuthen, daß ihnen rein mechanische Verhältnisse der Zungenmusculatur zum Grunde liegen. Stannius [2]) bemerkte in einer jungen Katze, daß sich die Oberhaut der Zunge drei Wochen später in großen Lappen loslöste und daß hierbei die Geschmackempfindung an Kraft verloren hatte.

4387 Hat man den fünften Hirnnerven mit dem Neurotom an einer Seite durchschnitten, so tritt eine Reihe der heftigsten Ernährungsstörungen im Auge, wie Magendie zuerst nachwies, hervor. Vollführte ich die Operation an jungen Albinokaninchen, so bemerkte man bald darauf, daß sich nicht bloß das Sehloch bedeutend verkleinerte, sondern daß auch zahlreiche mit Blut überfüllte Gefäßstämme in der pigmentlosen Regenbogenhaut zum Vorschein kamen. Der Augapfel trat wie eine pralle Kugel hervor, Die Hornhaut war 24 Stunden später schwach getrübt und wie mit einem nebeligen Ueberzuge bekleidet. Eine Ausschwitzung bedeckte sie schon 1½ Tag nach dem Eingriffe. Ihre Mitte war 2½ Tag nach der Verletzung milchig getrübt, und ihre übrige Masse schwächer verdunkelt. Die Gefäße der Regenbogenhaut und der Bindehaut boten eine beträchtliche Anfüllung mit Blut dar. Es fand sich endlich am 4. Tage eine reichliche Absonderung einer schleimigt eiterigen Flüssigkeit, welche die Augenlider verklebte, ein. Krusten hafteten überdies an dem unteren Augenlide. Oeffnete man später die Augenlidspalte, so stürzte eine bedeutende Menge der eiterigen Masse hervor. Die Füllung der Bindehautgefäße hatte gleichzeitig zugenommen. Die Trübung der Hornhaut, die nur an dem Rande schwächer geblieben war, hinderte die genügende Betrachtung der Regenbogenhaut. Man konnte jedoch noch wahrnehmen, daß das Sehloch auffallend verkleinert war, die vorgezogene Bindehautfalte erschien stark geröthet. Die eitrige Absonderung, nicht aber die Blutüberfüllung der Bindehaut waren am 6. Tage geschwunden. Ein tiefes trichterförmi-

[1]) Steinrück, a. a. O. p. 37. Bidder, in Müller's Archiv 1842. S. 110.
[2]) Stannius in Müller's Archiv 1848. S. 135.

ges Geschwür hatte sich an der am Meisten hervorragenden Mittelstelle der Hornhaut erzeugt. Weiße Ausschwitzungsmassen füllten die vordere Augenkammer in dem Grade an, daß man das Sehloch selbst nicht mehr unterscheiden konnte. Diese nahmen in der Folge zu, während eine Borke das Hornhautgeschwür bedeckte. Die vermehrte Absonderung hatte sich am achten bis neunten Tage gänzlich verloren. Allein die Trübung der Hornhaut und die Ausschwitzungen der vorderen Augenkammer machten das Sehen unmöglich. Die anatomische Untersuchung wies nach, daß nur die oben genannten Gebilde, nicht aber die tieferen Theile des Auges, wie die Linse, der Glaskörper und die Netzhaut gelitten hatten.

Es kann die Zerstörung, vorzüglich in Hunden, so weit fortschreiten, daß das Geschwür die ganze Dicke der Hornhaut durchdringt oder ein vollständiges Eiterauge zu Stande kommt. Der Augapfel berstet dann nicht selten, entleert seinen Inhalt und verwandelt sich in einen unförmlichen Stumpf, der nach und nach verheilt. Die Absonderung der Bindehautoberfläche kehrt später ebenfalls allmählig zu ihren früheren Verhältnissen zurück.

Magendie und Longet [1]) haben die Behauptung aufgestellt, daß diese durchgreifenden Ernährungsstörungen nur dann auftreten, wenn man den dreigetheilten Nerven in dem Bereiche des Gasser'schen Knotens getrennt hat. Schneidet man ihn dagegen hinter diesem Ganglion und unmittelbar an seinem Austritte aus dem Gehirn durch, so kann man die Veränderungen, welche die Ernährungsverhältnisse des Auges erleiden, kaum bemerken. Schiff [2]) fand dagegen, daß sich beide Fälle nur in der Geschwindigkeit, mit der sich die Krankheitserscheinungen entwickeln, unterscheiden. Man erhält aber immer die erwähnten Trübungen der Hornhaut. Ich muß die Richtigkeit des Ausspruches jener französischen Forscher bezweifeln. Der Ort, an welchem der dreigetheilte Nerv nach dem von mir geübten Verfahren in jungen Kaninchen durchschnitten wird, (§. 4286.), liegt gewöhnlich in dem noch völlig weißen Theile des Trigeminus. Ich habe dessenungeachtet die Ernährungsstörungen in früheren Beobachtungen mit der größten Heftigkeit eintreten sehen. Ich wiederholte den Versuch noch in der neuesten Zeit an einem jungen Albinokaninchen, das jedoch den Eingriff nur eine halbe Stunde überlebte. Die Leichenöffnung wies nach, daß der Hintertheil des großen Gehirns gleichzeitig verletzt und daß dort ein Blutertravasat entstanden war. Dieses erklärte auch die unwillkührlichen wagerechten Drehbewegungen, in welche das Thier ungefähr in der letzten Viertelstunde seines Lebens verfallen war. Der Bluterguß umfaßte nicht den dreigetheilten Nerven. Dieser war in seiner weißen Masse theilweise getrennt, so daß eine sehr schmale innere und eine breitere äußere Brücke unversehrt blieben. Die mikroskopische Untersuchung bestättigte, daß erst ungefähr 1½ Mm. später die Ganglienkugeln begannen. Die Gefäße der Regenbogenhaut des Auges füllten sich nichts desto weniger in hohem Grade kurze Zeit nach der Operation und die Hornhaut des kugelig hervortretenden Augapfels hatte auffallend an Glanz verloren.

Hat man die beiden ersten Aeste des dreigetheilten Nerven allein durchschnitten, so bildet sich die heftige und zerstörende Absonderung der Bindehaut ebenfalls aus [3]). Entfernt man dagegen die Augendeckel und die Thränendrüse, so fehlen jene eigenthümlichen Veränderungen [4]) zum Beweise, daß sie weder von einem Mangel des nöthigen Schutzes des Auges, noch von einer Hemmung der Absonderung der Thränendrüse herrühren.

Man hat auch am Menschen beobachtet, daß die Lähmung des dreigetheilten Nerven

---

[1]) Longet, a. a. O. Tome II. pag. 162.
[2]) Schiff, a. a. O. p. 38.
[3]) F. Magendie, Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Uebersetzt von G. Krupp. Leipzig 1841. 8. S. 341.
[4]) Magendie, Ebendaselbst. S. 353.

eine ähnliche Zerstörung des Auges, wie in Hunden oder Kaninchen, wenn auch nicht in allen Fällen, doch wenigstens häufig genug nach sich zieht. Diese Thatsache wurde sogar schon, ehe man noch den Gegenstand in den an Säugethieren gemachten Versuchen genauer verfolgte, wahrgenommen. Es kann auch hier der Wechselfall wiederkehren, daß nur die Trübung der Hornhaut, die in den Augenkammern befindlichen Ausschwitzungen und die Verwachsung der Pupille zur Blindheit führen oder daß das Auge ausläuft und sich in eine unförmlichen Stumpf verwandelt. Die der Zerstörung des Auges vorangehenden Erscheinungen erinnern in hohem Grade an die der ägyptischen oder der syphilitischen Augenentzündung und der Augenentzündung der Neugeborenen, deren Ausgänge sich ebenfalls unter jener Doppelform darstellen können.

Eine unvollkommene Lähmung des dreigetheilten Nerven führt zu minder stürmischen Ernährungsstörungen des Auges. Es ist im Menschen vorgekommen, daß sich nur der Epitheliumüberzug der Bindehaut trübte, daß er grau und halbdurchsichtig wurde und daß daher die Kranken die Gegenstände wie in Rauch oder Nebel eingehüllt erblickten. Die Empfindlichkeit war zugleich an der Oberfläche der Bindehaut geschwunden. Die Menschen konnten sich harte Krusten, die sich hier erzeugten, abreißen, ohne daß der geringste Schmerz den Eingriff begleitete. Man weiß aber noch nicht, welche Bündel des dreigetheilten Nerven in diesem Falle verletzt waren.

4388 **Die Lähmung des dreigetheilten Nerven stört auch die Ernährungsverhältnisse in vielen anderen Theilen des Kopfes. Man begegnet jedoch in dieser Hinsicht keinen so durchgreifenden und beständigen Veränderungen, als am Augapfel. Die Gegenden der Lippen und der Nase, welche die Kaninchen bei dem Fressen gegen harte Körper anzudrücken pflegen, werden nicht selten geschwürig und mit dicken Krusten überzogen. Es ereignet sich bisweilen, daß sich die Schleimhaut der Nase auflockert, daß sie ihr Flimmerepithelium theilweise leicht ausstößt, daß eine schleimig eiterige Flüssigkeit zur Nasenhöhle herausläuft. Menschen leiden oft an Nasenbluten. Die Tasthaare von Kaninchen, die Gesichtshaare von Hunden und Menschen fallen eher aus. Das Zahnfleisch lockert sich nicht selten auf und blutet bei den geringsten Veranlassungen. Die Zunge erscheint bisweilen mißfarbig, faltig und rissig und schilfert ihr Epithelium stärker los. Da sie ihrer Unempfindlichkeit wegen bei dem Kauen öfter verletzt wird, so bilden sich nicht selten unreine Geschwüre, die langsam oder unvollkommen zuheilen.**

Magendie [1]) giebt an, daß sich die entsprechende Gesichtshälfte von Fröschen, deren dreigetheilter Nerv durchschnitten worden, innerhalb drei bis vier Wochen loslöse und in brandigen Lappen abgehe. Ich habe keine so auffallenden Ergebnisse erhalten. Ich hatte z. B. die Schädelhöhle eines frisch eingefangenen großen grünen Grasfrosches geöffnet und war an der Grundfläche des Schädels in der Gegend des Austrittes des dreigetheilten Nerven links hingegangen, so daß ich diesen durchriß. Das Thier wurde 2½ Monate in feuchtem Moose aufbewahrt. Es wehrte sich mit auffallender Lebhaftigkeit, so wie man es anfaßte und hielt das linke Auge unaufhörlich in der Augenhöhle zurückgezogen, während das rechte frei hervortrat und zum Sehen benutzt wurde. Das linke untere Augenlid war dabei immer vor den Augapfel gelegt, so daß ich es, wenn ich das Auge selbst betrachten wollte, gewaltsam fortschieben mußte. Dieses bot übrigens keine auffallenden Ernährungsstörungen dar. Das etwas verkleinerte und zwar länglichrunde Sehloch zeigte keine deutliche Trübung seines Grundes. Wollte das Thier schreien, oder überhaupt lebhaft athmen, so bildete sich eine große spindelförmige Spalte zwischen den hinteren Abtheilungen der oberen und der unteren Kinnlade der linken, nicht aber der rechten Seite. Eine rautenförmige Lücke in der hinteren Hälfte der Mundspalte der linken Seite erhielt sich bis zum Tode des Frosches.

[1]) Magendie, a. a. O. S. 255.

Wir haben schon §. 4354 gesehen, daß die am Halse vorgenommene 4389
Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven die Athmung und die hiermit verbundene Umwandlung des dunkelrothen in hellrothes Blut beeinträchtigt. Es verbindet sich hiermit eine Reihe von Ernährungsstörungen der Luftröhre und der Lungen, die in Hunden deutlicher, als in Kaninchen ausgesprochen zu sein pflegen. Jene können auch den Eingriff 5 bis 6 Tage überleben, während diese in der Regel schon in den ersten 24 bis 36 Stunden zu Grunde gehen.

Beide Thiere stimmen darin überein, daß man eine schleimigte, mit 4390
Luftblasen und nicht selten mit Blut oder Ausschwitzungsmassen vermischte Flüssigkeit, in den Luftwegen antrifft. Sie kann noch überdies in Kaninchen Reste der verzehrten Pflanzenspeisen, Haare, andere Bruchstücke der in die Mundhöhle eingeführten Nahrungsmittel und Plattenepithelien enthalten. Die Schleimhäute der Luftröhre und der Luftröhren-Verzweigungen führen meist einzelne, mit Blut stark angefüllte, gerade oder geschlängelte und nicht selten an einzelnen Stellen ausgedehnte Gefäße, welche eine stärkere Röthung des Ganzen oder zerstreuter Bezirke veranlassen. Es können selbst kleine Blutextravasate an manchen Punkten vorkommen. Man vermißt auch meist das Flimmerepithelium, so wie jene regelwidrigen Absonderungen tiefer durchgegriffen haben. Geronnene Blutmassen oder gelblichrothe Faserstoffpfröpfe füllen nicht selten das rechte Herz und die Lungenschlagadern, so daß diese künstlich einzutreibende Flüssigkeiten nicht durchlassen.

Die Lungen der Hunde, welche die Operation einige Tage überlebt 4391
haben, sind ödematös. Viele ihrer Lufträume enthalten ebenfalls eine schaumigte Flüssigkeit, so daß das Gefüge weich und nachgiebiger wird. Eine stärkere Füllung der Gefäße bewirkte eine auffallende Röthung an einzelnen Stellen. Andere Stücke der Lungen sind emphysematös entartet. Man trifft an manchen Orten rothe bis blauschwarze, dichtere und oft etwas eingesenkte Flecke, in denen man vereinzelte Luftbläschen an der Oberfläche oder in der Tiefe wahrnimmt. Jene lassen sich nur mit Mühe oder gar nicht aufblasen. Sie enthalten meist weißgraue zum Theil zusammengehäufte Körperchen neben der rothen oder braunen Grundmasse, dem Blutgerinnsel und der schaumigten Flüssigkeit. Man bemerkt bisweilen in Kaninchen, die beinahe einen Tag nach der beiderseitigen Nervendurchschneidung fortlebten, daß sich weiße zerstreute Ausschwitzungsmassen von der Größe von Hanfkörnern in den sonst mit Blut überfüllten und ödematösen Lungen vorfinden[1]).

Viele Forscher haben diese Ernährungsstörungen der Athmungswerkzeuge nicht von den unmittelbaren Folgen der Durchschneidung, sondern von den mechanischen Einflüssen, welche die Trennung der herumschweifenden Nerven auf die Gebilde des Kehlkopfes ausübt, hergeleitet.

Da sich die Stimmritze erwachsener Thiere, die den Eingriff einige Tage überleben, bedeutend verkleinert, so sollte die Entartung der Lungen von dem hierdurch bedingten mechanischen Hindernisse der Athmung abhängen. Diese schon von älteren Forschern

[1]) Siehe über diese Erscheinungen M. Schiff, in Griesinger's Archiv für physiologische Heilkunde. 1847. S. 690 — 720. 769 — 804.

versuchte Auffassungsweise wurde in neuerer Zeit von Mendelsohn [1]) ausführlicher vertheidigt. Eine Reihe von Gründen spricht aber dagegen.

Die Lungenkrankheit bleibt nicht aus, wenn man eine Luftröhrenfistel anlegt, oder ein weit geöffnetes Rohr in die Luftröhre einbindet. Sie erzeugt sich umgekehrt nicht nothwendigerweise, wenn man die Luftröhre eines gesunden Thieres so sehr zusammenschnürt, daß nur eine beschränkte Durchgangsstelle für die Athemluft übrig bleibt oder wenn man ein Rohr mit enger Ausgangsmündung in die Trachea einfügt. Läge die Ursache der Erscheinung in jenem mechanischen Verhältnisse, so ließe sich erwarten, daß die Trennung der beiden unteren Kehlkopfnerven die gleiche Lungenentartung nach sich ziehen würde. Es dauert aber hier im günstigsten Falle längere Zeit, bis sich die Ernährungsstörung der Athmungswerkzeuge geltend macht. Diese tritt meist in Kaninchen sehr leicht, seltener oder selbst gar nicht dagegen in Hunden hervor. Sie gleicht aber auch nicht in jenen Thieren den Unregelmäßigkeiten, welche die Trennung der Halsstämme der herumschweifenden Nerven nach sich zieht. Man stößt hier auf einfachere, später anzugebende Störungen [2]). Die Zeit, zu welcher sie eintreten, wechselt in hohem Grade. Eben so kann auch die Ausdehnung, in der die einzelnen Abtheilungen ergriffen sind, in bedeutendem Maaße schwanken. Mit einem Worte, die Verletzung der beiden Halsstämme und die der unteren Kehlkopfzweige führen zu sichtlicheren Unterschieden in den Ernährungsverhältnissen der Lungen, als in den Gestaltbeziehungen der Stimmritze.

Traube [3]) bemühte sich, die Störungen aus chemischen Einwirkungen zu erklären. Wir haben §. 4390 gesehen, daß man Futterreste und andere Inhalsgebilde der Mundhöhle in den Bronchialverzweigungen von Kaninchen, deren herumschweifende Nerven durchschnitten worden, antrifft. Diese fremden Körper erregen nach Traube eine Lungenentzündung, welche endlich die bei der Leichenöffnung bemerkbaren Entartungen nach sich zieht. Führt man ein gedecktes Röhrchen in die tiefer durchschnittene Luftröhre ein und hindert auf diese Weise den zufälligen Eintritt der Mundflüssigkeiten, kann man den gleichen Zweck durch eine passende Verletzung der Speiseröhre erreichen, so bleibt nach jenem Forscher die Lungenentartung aus. Sie kehrt dagegen wieder, so wie man die aus der durchschnittenen Speiseröhre abfließende Mischung in die Luftröhre einspritzt.

Schiff [4]), welcher diesen Gegenstand in einer größeren Reihe älterer und neuerer Versuche verfolgt hat, spricht sich gegen die eben erwähnten Angaben aus. Er befestigte einen Federkiel in dem unteren Abschnitte der Luftröhre der Kaninchen. Wollte er die Möglichkeit des Uebertrittes der Mundflüssigkeiten verhüten, so band er entweder den oberen Theil der Luftröhre zu oder leitete den Kiel durch ein schützendes Kartenblatt, das um den Hals des Thieres geführt wurde. Die Kaninchen gingen hierbei nach 3 bis 17 Stunden zu Grunde. Wurde der Versuch an Kaninchen, deren Lungenmagennerven unversehrt blieben, angestellt, so zeigte sich keine Blutüberfüllung in den ziegelfarbenen Lungen. Man bemerkte keine Unwegsamkeit und keine schaumigte Flüssigkeit in ihren Bronchialverzweigungen. Waren dagegen die herumschweifenden Nerven getrennt worden, so kehrten die früher erwähnten Ernährungsstörungen der Lungen mit Ausnahme der weißgrauen körnigten Ablagerung und der rothen Umgebungen derselben wieder. Diese treten nach Schiff nach der Durchschneidung der unteren Kehlkopfzweige ausschließlich hervor, während die der Halsstämme der Lungenmagennerven und die gleichzeitige Abhaltung der Mundflüssigkeiten nur die blutige Anschoppung zu Stande kommen läßt [5]).

Versuche, die Schiff an Meerschweinchen und Hunden machte, bestättigten ihm ebenfalls, daß die von Traube angegebenen Vorsichtsmaaßregeln zur Verhütung der Lungenentzündung nicht hinreichen. Man pflegt hier nicht zu bemerken, daß Flüssigkeiten der Mundhöhle und Speisereste in die Athmungswege eindringen.

Hat man nur einen herumschweifenden Nerven verletzt, so können die Lungen der

---

[1]) Mendelsohn, in Roser u. Wunderlich's Archiv. Bd. IV. Stuttgart 1845. 8. S. 264 — 78. und Der Mechanismus der Respiration und Circulation. Berlin 1845. 8.

[2]) Schiff, a. a. O. S. 708.

[3]) Traube, Beiträge zur experimentellen Physiologie und Pathologie. Heft I. Berlin 1845. 8. S. 65 — 200.

[4]) Schiff, a. a. O. S. 210 fgg.

[5]) Schiff, a. a. O. S. 217.

Thiere, die den Eingriff längere Zeit überleben, gesund oder krankhaft verändert sein. Schiff sah häufig Stockungen von geringerer Ausdehnung in beiden Lungen. Er erklärt diese Thatsache daraus, daß ein Theil der Fasern des rechten Lungenmagennerven zur linken Lunge und umgekehrt hinübergeht. Jede der beiden Lungen wird dann theilweise gelähmt. Die Verschiedenheiten aber, welche die mikroskopischen Nervenknoten in den Lungen der einzelnen Geschöpfe darbieten, bedingen nach Schiff die mannigfachen Wechselverhältnisse, welche hier vorkommen.

Traube[1]) hat seine Ansicht durch neuere Versuche, welche seine ersten Beobachtungen bestättigten, abermals vertheidigt. Wurden die herumschweifenden Nerven der Kaninchen durchschnitten und der Eintritt der Mundflüssigkeiten in die Luftwege verhütet, so blieb die Lungenentzündung aus, wenn selbst die Thiere später, als da, wo jene Vorsichtsmaaßregeln wegblieben, zu Grunde gingen. Die Stimmritze von Hunden, deren Vagi getrennt worden, schließt sich nicht mehr wasserdicht bei dem Niederschlucken. Die Lungenentzündung kann daher auch hier von denselben Ursachen hergeleitet werden. Fortgesetzte Untersuchungen, die Schiff anstellte, haben ihn dagegen in seiner eben erwähnten Theorie, daß die Entartung von der unmittelbaren Lähmung der Nerven abhängt, nur bestärkt. Er erhielt Kaninchen, in deren Luftröhre er das Schutzröhrchen eingefügt hatte, 60 Stunden am Leben, ohne daß eine Lungenkrankheit zu Stande kam. Hatte er die Vagi in anderen gleichzeitig durchschnitten, so trat sie schon nach 16 Stunden ein, wenn selbst die Mundflüssigkeiten von den Athmungswerkzeugen abgehalten worden waren.

Der Schlund, die Speiseröhre und der Magen von Thieren, deren herumschweifende Nerven gelähmt worden, bieten keine so auffallenden Ernährungsstörungen, als die Lungen dar. Das Epithelium der Magenschleimhaut scheint sich bisweilen in Kaninchen leichter loszustoßen. Die beträchtlichere Füllung der Gefäße, die man an einzelnen Stellen vorfindet, bildet hier nur zweideutige Merkmale.

Wir haben schon §. 4372 fgg. gesehen, daß sich die Bindehaut von Hunden, in denen der oberste Halsknoten des sympathischen Nerven ausgerottet worden, zu entzünden pflegt. Obgleich eine schwache Hornhauttrübung in einzelnen unglücklicheren Fällen zurückbleiben kann, so erreicht doch die Ernährungsstörung nie den Grad von Heftigkeit, den wir nach der Verletzung des dreigetheilten Nerven immer wahrnehmen. Sie schwindet auch mit der Zeit gänzlich, während der geringe Umfang des Sehloches, so lange sich der Nerv nicht wiedererzeugt, verharrt. Sie fehlte überdies in allen Kaninchen, in denen ich den obersten Halsknoten ausgerottet oder die von ihm emporsteigenden weichen Nerven unterbunden oder durchschnitten hatte[2]). 4392

Hatten Bernard und Schiff[3]) die beiden obersten Brustknoten des Grenzstranges des sympathischen Nerven in Hunden oder Kaninchen ausgerottet, so starben die Thiere spätestens nach 36 Stunden. Ihr Herz schlug in der Zwischenzeit mit größerer Lebhaftigkeit. Man fand in der Leiche, daß die Blutgefäße des Herzbeutels, der in Kaninchen gar nicht, in Hunden dagegen in einer nur kleinen Ausdehnung bei der Operation berührt worden, übermäßig gefüllt erschienen. Eine theils flüssige, theils feste, eiweißhaltige Ausschwitzung umgab das Herz, das bisweilen feste, an einzelnen Stellen vorkommende Verbindungsmassen mit dem Herzbeutel vereinigten. 4393

Wurden die Nierennerven durchschnitten oder auf dem Wege der 4394

[1]) Traube, in Griesinger's Archiv. Bd. VII. Stuttgart 1848. 8. S. 454 — 71.
[2]) De functionibus nervorum p. 158. Nota 2. Vergl. auch Stilling, a. a. O S. 139. und Schiff, a. a. O. p. 38.
[3]) M. Schiff, De vi motoria baseos encephali. p. 37.

Unterbindung ertödtet, so bemerkt man eine Reihe wechselnder Folgeerscheinungen. Es läßt sich überdies hierbei kaum bestimmen, welche von ihnen von der unvermeidlichen Eröffnung der Unterleibshöhle, der nachfolgenden Entzündung des Bauchfells und der Baucheingeweide, vorzüglich der Nieren und der Störung der Harnausfuhr und welche von der bloßen Nervenverletzung herrühren. Es fließt der Harn im Anfange mit Blut vermischt ab, der austretende Urin kann hierauf seine gewöhnliche gelbe Farbe eine Zeit lang darbieten und in der Folge von Neuem roth werden. Es ereignet sich oft, daß früher oder später gar kein Urin mehr hervortritt. Man findet in der Leiche, daß die Nerven bald nur an einzelnen Stellen, bald dagegen in ausgedehnteren Flächen dunkelgeröthet erscheinen. Ihr Gewebe bewahrt in einzelnen Fällen seine frühere Festigkeit, während es in anderen aufgelockert und erweicht ist. Die reichlichere Flüssigkeitsmenge kann die Masse selbst zerstören und eine raschere Fäulniß unter günstigen Verhältnissen herbeiführen.

Brachet [1]) unterband die Nierenschlagader eines Hundes an zwei entfernten Stellen, schlitzte sie in dem Zwischenraume auf, führte eine Röhre in die Oeffnung ein, befestigte jene an beiden Seiten und schnitt dann die Schlagader vollends durch. Er öffnete hierauf die beiden ursprünglichen Unterbindungen, damit der Kreislauf der Nieren mit Hilfe des eingefügten Rohres vor sich gehen könne. War nun der Harnleiter der gesunden Seite unterbunden worden, so fand sich eine mit Blut vermischte Urinmasse in der Harnblase des Thieres, das den Eingriff vier Stunden überlebt und indeß reichlich getrunken hatte. Ein zweiter Versuch führte zu demselben Ergebnisse. Krimer hatte ebenfalls schon früher den Austritt von blutigem Harn unter den gleichen Verhältnissen beobachtet.

Joh. Müller und Peipers [2]) suchten die Nierennerven dadurch zu tödten, daß sie einen Faden so fest als möglich um die Nierengefäße schlangen und dann die Unterbindung entfernten, um den Nierenkreislauf möglich zu machen. Sie brachten ein Rohr in den durchschnittenen Harnleiter und führten dieses zur Bauchwunde heraus, damit der abgesonderte Urin frei hervortreten könne. Es floß im Anfange blutiger Harn im Kaninchen und Schaafe aus. Es ereignete sich bei der letzteren Thierart, daß später gelblicher und roth gefärbter Urin von Zeit zu Zeit abwechselten. Die Aussonderung stockte endlich zuletzt gänzlich. Sie fehlte vollkommen in einem Hunde, der den Eingriff nur 1½ Stunden überlebte. Die Schaafe zeigten immer die Eigenthümlichkeit, daß das Gewebe der Niere erweicht war und sehr rasch in Fäulniß überging. Hatte man die Unterbindung rechts nicht gelöst, links dagegen entfernt, so zersetzte sich auch die rechte Niere weit rascher, als die linke [3]).

Wiederholte ich diese Beobachtungen in Kaninchen [4]), indem ich die Nierennerven vorsichtig zu durchschneiden suchte oder das eben erwähnte Unterbindungsverfahren anwandte, so fand ich bei der späteren Leichenöffnung, daß die Nierenmasse schon am folgenden Tage blauschwarz und mit Blut überfüllt erschien. Ihr Gewebe war zugleich etwas lockerer geworden. Die Harnabsonderung dauerte fort und der entleerte Urin bot häufig eine rothe Farbe dar. Hatte ich die Nierennerven der linken Seite in einem Schaafe unterbunden, so lebte das Thier noch 2½ Tage fort. Der linke Harnleiter entleerte bisweilen gelben, nach den genossenen Kräutern riechenden Harn. Ich fand in der Leiche zahlreiche Ausschwitzungen in der Unterleibshöhle und Entzündungszeichen in einzelnen Abtheilungen der Baucheingeweide. Die linke Niere war zwar etwas weicher, nicht aber aufgelöst oder in Fäulniß übergegangen. Ihre Masse enthielt zerstreute roth-

[1]) Brachet, a. a. O. pag. 326.
[2]) E. Peipers, De nervorum in secretiones actione. Berolini 1834. 8. p. 26.
[3]) Peipers, a. a. O. p. 33.
[4]) De functionibus nervorum. p. 149.

blaue Flecke. Ihre Gefäße waren an vielen Punkten mit Blut reichlich angefüllt. Das Nierenbecken schloß gelben, mit keinem Blute vermischten Harn ein. Die gewundenen Harnkanälchen der gesunden Niere hatten im Allgemeinen breitere Durchmesser, als die der kranken.

Die Ergebnisse, welche Ludwig [1]) in Kaninchen erhalten hat, stimmen im Wesentlichen mit dem eben Mitgetheilten überein. Er bemerkte in einigen Fällen Blutstockungen, vorzüglich in den Malpighischen Körperchen und den äußersten Spitzen der Markmasse. Es kam in anderen vor, daß die Niere erweicht war, daß ihr Gewebe in Flocken nach der Eröffnung der gespannten Kapsel herausfiel. Die Blutgefäße und vorzüglich die Malpighischen Körperchen waren dann gänzlich verschwunden. Dieser Wechselfall zeigte sich, man mochte die Schlagader und die Blutader der Niere bleibend oder nur vorübergehend eingeschnürt haben. War nur die Arterie in einem Falle anhaltend unterbunden worden, so erschien der größte Theil der Niere blaß und blutleer. Einzelne weiche Stellen waren mit Blut überfüllt. Die Dichtigkeit des Gewebes dagegen hatte keine Veränderung erlitten. Wurde endlich der Versuch an der Nierenblutader wiederholt, so bemerkte man eine bedeutende Blutüberfüllung der Markmasse und einzelne Blutergüsse an der Oberfläche der Niere.

Hatte Günther [2]) die Ruthennerven eines feurigen Hengstes 4395
durchschnitten, so füllten sich später die Schwammgewebe des vorderen Theiles des männlichen Gliedes mit beträchtlichen Blutmengen, so daß ihr Umfang bedeutend zunahm und der Penis aus dem Schlauche vorfiel. Der herausgetretene Theil hing dabei schlaff herab. Er hatte sich nicht, wie bei der wahren Steifung, nach vorn und dem Unterleibe parallel gerichtet. Diese Ueberfüllung, welche ein Hinderniß der Rückfuhr des Blutes und die hydrostatische Senkung der Flüssigkeit zu bedingen schien, kehrte auch in dem verkümmerten männlichen Gliede eines auf die gleiche Art behandelten Wallaches wieder. Die Eichel hatte eine dunkel blaurothe Farbe in der Folge angenommen. Die Lust zur Begattung war in dem Hengste größtentheils oder gänzlich aufgehoben. Die Empfindlichkeit fehlte endlich in der Haut der Eichel und in der des Gliedes bis zu dem Ringe der inneren Schlauchfalte.

2. Rückenmark und Gehirn.

Cerebrospinalflüssigkeit. — Wir finden sie in dem Raume, 4396
der zwischen der Spinnwebenhaut und der weichen Hirn- und Rückenmarkshaut übrig bleibt, in der Vertiefung der vierten Hirnhöhle, der Sylvischen Wasserleitung, der mittleren und den beiden seitlichen Höhlungen des großen Gehirns, (dem Ventrikel der durchsichtigen Scheidewand) und, wo sie vorkommen, in den Hohlräumen des kleinen Gehirns, des Rückenmarkes und der Geruchsnerven. Diese seröse Flüssigkeit erhält die Oberflächen, die sie bespült, glatt und schlüpferig. Sie weicht während der Bewegungen des Gehirns und des Rückenmarkes in passender Weise aus, hält diese Organe in allen Fällen von den benachbarten Hartgebilden so sehr als

[1]) Ludwig, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig 1845. 8. S. 634. 35.

[2]) J. H. Fr. Günther, Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneikunde. Erste Lieferung. Hannover 1837. 8. S. 64. 72.

möglich entfernt, füllt die nicht von anderen Theilen eingenommenen Räume aus und verhindert die Störungen, die sonst auf dem Wege des Druckes und der Reibung herbeigeführt würden.

4397 Oeffnet man den Lendentheil der Wirbelsäule eines möglichst frischen menschlichen Leichnames von der Rückenseite aus, ohne die häutigen Rückenmarkshüllen zu verletzen und sticht diese, nachdem man sie gereinigt und den Rumpf senkrecht gestellt hat, an, so dringt ein Theil der Cerebrospinalflüssigkeit in einem Strahle hervor. Entfernt man alsdann vorsichtig die Schädeldecken, so überzeugt man sich, daß noch eine gewisse Menge an und in dem Gehirn zurückgeblieben ist. Bemüht man sich, Alles zu sammeln, so erhält man in der Regel nach Magendie[1]) mindestens 60 Grm. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Flüssigkeitsmasse, welche man auf diesem Wege gewinnt, in hohem Grade wechseln kann. Aeltere Leichen pflegen weniger, als ganz frische zu geben.

Die Bestandtheile dieser Mischung stimmen im Wesentlichen mit denen der übrigen serösen Flüssigkeiten überein (Bd. I. §. 1476). Lassaigne fand in einer alten Frau 98,56 % Wasser, 0,09 % Eiweiß, 0,47 % Osmazom, 0,80 % Chlorverbindungen von Kali und Natron, 0,04 % phosphorsaures, mit organischen Stoffen vermischtes Natron und 0,02 % kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde.

Es kommt in dem Menschen und den Thieren häufig vor, daß sich die Menge der in dem Schädel und der Wirbelsäule enthaltenen Flüssigkeit krankhafter Weise vergrößert. Die Thätigkeit und selbst die Entwickelung der Nervenmassen leiden unter diesen Verhältnissen. Lähmungen, Blödsinn, Schlafsucht und Tod folgen häufig nach. Die Wasserergüsse finden sich nicht selten in dem Gehirn von geistesschwachen Menschen, von Cretins, in den Leichen von Menschen, die an Hirnentzündung, Schlagfluß, Nervenfiebern und ähnlichen Krankheiten zu Grunde gegangen sind. Es können hierbei einzelne Höhlen, vorzüglich des großen Gehirns, beträchtlich ausgedehnt, die Wandungen derselben zerstört und die Ausbildung einzelner Hervorragungen zurückgedrängt sein.

Man ist im Stande, ähnliche Erscheinungen in Thieren künstlich hervorzurufen. Spritzte Magendie eine größere Menge von Wasser, das auf 36° bis 37° C. erwärmt war, durch eine in die harte Haut gemachte Oeffnung mit Gewalt ein, so sank das Thier schlafsüchtig um [2]). Unregelmäßige Muskelbewegungen traten bisweilen auf. Hatte die Flüssigkeit nur 0° C., so fror und zitterte das Thier, wie in einem Anfalle von Wechselfieber. Enthielt die Mischung Morphin, Blausäure oder Kampher, so verriethen sich die giftigen Wirkungen dieser Verbindungen in kurzer Zeit [3]).

Es ereignet sich nicht selten, daß eine große Menge einer gelblichen Flüssigkeit, deren Gewicht mehr als 1½ Kilogramme zu betragen vermag, den Schädel von Neugeborenen übermäßig ausdehnt. Die Schädelknochen, die schon vorhanden sind, werden dann regelwidriger Weise auseinander getrieben. Große weichere Lücken erfüllen die Zwischenräume. Oeffnet man eine solche nachgiebigere Stelle, so kann man die gesammte Flüssigkeitsmenge nach und nach entleeren. Man findet dann, daß das Gehirn zusammengefallen und abgeplattet in der viel geräumigeren Schädelhöhle liegt. Man kann jedoch hieraus nicht mit Sicherheit schließen, daß alles Wasser zwischen dem Gehirn und den Hüllen desselben angehäuft war. Man bemerkt nämlich bei genauerer Prüfung, daß einzelne Theile der Hirnmasse verletzt sind und die Hirnhöhlen weite Säcke darstellen. Es können es daher künstliche Eingriffe möglich gemacht haben, daß sich alles Wasser durch jene Oeffnung der Schädeldecken entleerte.

Eine Abart des Leidens, die man mit dem Namen des gespaltenen Rückgrathes be-

---

[1]) F. Magendie, Physiologische und klinische Untersuchungen über die Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit. Aus dem Französischen von G. Krupp. Leipzig 1843. 8. Seite 23 — 26.

[2]) Magendie, a. a. O. S. 44.

[3]) Magendie, a. a. O. S. 46. 47.

zeichnet, führt bisweilen nur zu vorübergehenden Störungen der Hirnthätigkeiten. Es fehlen die Dornfortsätze und ein Theil der Bogenstücke der Lenden- und der Kreuzbeinwirbel. Die Hüllen des Rückenmarkes dagegen haben sich in dem uns hier beschäftigenden Falle unversehrt erhalten. Sie ragen an der erwähnten Stelle sackförmig hervor, weil zugleich eine zu große Menge von Flüssigkeit im Innern angehäuft ist. Bleibt Alles ruhig, so leidet der Kranke an keinen Störungen der Hirnthätigkeit. Drückt man dagegen den Sack zusammen und gestatten es dann die später zu betrachtenden Nebenverhältnisse, daß ein beträchtlicher Theil des Wassers durch den in der Regel offenen Rückenmarkskanal nach den Hirnhöhlen ausweicht, so stellen sich Krämpfe oder Ohnmacht und Bewußtlosigkeit binnen Kurzem ein. Hört die künstliche Verschiebung auf, so kehren auch die früheren Verhältnisse häufig wieder.

Die Erfahrung lehrt, daß man das Wasser eines solchen Sackes durch keinen großen Einschnitt entleeren darf, weil der zu rasche Austritt der Flüssigkeit den Tod auf der Stelle nach sich ziehen kann. Allgemeine Krämpfe verkünden hierbei bisweilen die Gefahr. Macht man dagegen einen kleinen Einstich mit einer Staarnadel und läßt auf diese Art die Flüssigkeit allmählig herausrinnen, so stirbt wenigstens das kranke Kind nicht unter den Händen des Wundarztes. Diese Thatsache lehrt, daß sehr viel auf die Zeit ankommt, innerhalb welcher sich die Form der Nervengebilde ausgleicht.

Legt man den zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel 4398
befindlichen Raum ohne Verletzung der harten Hirnhaut in einem gesunden Säugethiere bloß und sticht jene Membran an, so daß ein Theil der Cerebrospinalflüssigkeit in einem Strahle hervorstürzt, so bemerkt man bald darauf durchgreifende Störungen in der Haltung und den Bewegungen des Geschöpfes. Kaninchen, Meerschweinchen und Hunde pflegen ihren Kopf nach unten zu neigen. Sie verlieren das Gleichgewicht und schwanken gleich trunkenen Geschöpfen von einer Seite zur anderen. Sie bleiben oft ruhig liegen, fallen bei überstürzten Bewegungen leicht um und rollen dann bisweilen um ihre Längsachse. Es kommt in Hunden vor, daß sie im Anfange ruhig auf dem Bauche liegen, später einige schnelle Sätze machen, wieder auf den Unterleib fallen und ihre Vorderbeine unzweckmäßig bewegen[1]). Magendie[2]) sah, daß Hunde in Wuth geriethen, als wenn sie wasserscheu geworden wären. Ein Fuchs dagegen, der früher immer zu beißen suchte, beruhigte sich nach dem Abzapfen der Flüssigkeit. Katzen fallen sehr häufig nach Longet[3]), Schaafe dagegen zeigen nur eine gewisse Unsicherheit des Ganges und eine Neigung, sich nach rückwärts zu bewegen. Pferde leiden noch weniger. Sie gehen ungefähr, wie wenn sie plötzlich blind geworden wären. Vögel dagegen bieten keine auffallende Abweichungen dar[4]).

So nachdrücklich auch diese Störungen im Anfange hervortreten, so 4399
schwinden sie doch nach einigen Tagen wiederum vollständig. Die Wunde der harten Hirnhaut verklebt unterdeß. Sticht man diese in ihrer Nachbarschaft von Neuem durch, so quillt ein Strahl von Cerebrospinalflüssigkeit abermals hervor. Diese kann sich also in kurzer Zeit wiedererſetzen.

Magendie[5]) sucht die Störungen der Bewegungserscheinungen aus 4400

---

[1]) Longet, in den Annales medico-psychologiques. Tome VI. Paris 1845. 8. p. 159.
[2]) Magendie, a. a. O. S. 43.
[3]) Longet, a. a. O. pag. 160.
[4]) Longet, a. a. O. pag. 163.
[5]) Magendie, a. a. O. S. 43.

dem Mangel der Cerebrospinalflüssigkeit und der hierdurch bedingten Veränderung der Druckverhältnisse zu erklären. Longet[1]) dagegen bemühte sich, durch eine ausführliche Versuchsreihe nachzuweisen, daß die Entfernung jener serösen Flüssigkeit die Unregelmäßigkeit der Bewegungverhältnisse nicht unmittelbar bedingt. Sie rührt vielmehr nach seiner Annahme von dem durch die Verletzung herbeigeführten regelwidrigen Zuge her, den die Centraltheile des Nervensystems in der Gegend der Kleinhirnschenkel erleiden.

Hatte Longet die Nackenmuskeln allein in Kaninchen, Meerschweinchen, Hunden, Schaafen oder Pferden durchschnitten, so bemerkte er die gleichen Erscheinungen, als wenn die Cerebrospinalflüssigkeit auf die oben geschilderte Weise abgezapft worden wäre. Die Trennung der hinteren geraden Kopfmuskeln bildete hierbei ein nothwendiges Bedingungsglied. Wurden die Muskelmassen nur an der einen Seitenhälfte des Nackens verletzt, so blieben die Störungen aus. Traten sie aber in dem zuerst genannten Falle hervor, so schwanden sie, so wie man den Kopf des Thieres mittelst eines passenden Verbandes in die gewöhnliche Lage zurückführte. Wurde dieser vor der Operation angelegt, so fehlten die sonst gewöhnlichen Folgen des Eingriffes gänzlich.

Longet suchte auch noch durch einen anderen Versuch zu zeigen, daß die Cerebrospinalflüssigkeit jene Bewegungsstörungen nicht veranlaßt. Er durchschnitt die Nackenmuskeln von Hunden, Katzen oder Kaninchen und wartete 1½ bis 2 Tage, bis alle Unregelmäßigkeiten verschwunden waren. Zapfte er die Cerebrospinalflüssigkeit jetzt ab, so bewegten sich die Thiere eben so regelmäßig, als früher. Er nimmt daher an, daß der schwere herabhängende Kopf das verlängerte Mark und die Brücke zerrt, daß er zugleich hierdurch auf die Kleinhirnschenkel wirkt und die Unsicherheit der Ortsbewegung und die bisweilen hervortretende Neigung, rückwärts zu gehen, herbeiführt. Das Gehirn gewöhne sich aber nach und nach an diesen Zug. Daher auch die Störungen einige Zeit später nicht mehr bemerkt würden.

Stellen wir auch die sichere Beurtheilung dieser Anschauungsweise der Zukunft anheim, so ist so viel gewiß, daß Bewegungsstörungen nicht nothwendig eintreten, wenn man einen Theil der Cerebrospinalflüssigkeit an anderen Orten entleert und daß sie sich umgekehrt einfinden, ohne daß jene Mischung ausgetreten ist. Hat man ein Stück des Schädels entfernt, so können sich die Thiere oft noch aufrecht erhalten. Ist umgekehrt der Lendentheil der Wirbelsäule erwachsener Hunde ohne Verletzung der harten Haut aufgebrochen worden, so bemerkt man bisweilen, daß die Thiere schon jetzt wanken. Die Unsicherheit der Stellung kann allerdings, so wie man die Hüllen des Rückenmarkes eingeschnitten hat, zunehmen. Unwillkührliche zitternde Bewegungen einzelner Muskeln und Muskelbündel der Hinterbeine gesellen sich häufig hinzu. Man ist aber nicht berechtigt, diese Erscheinungen aus dem Abflusse eines Theiles der Cerebrospinalflüssigkeit mit Sicherheit zu erklären, weil der Reiz der Luft das Rückenmark krankhafter Weise anzuregen vermag.

4401 Bewegungen des Rückenmarkes und des Gehirns. — Die noch weiche und knorpelige große Fontanelle eines zarten Kindes hebt und senkt sich abwechselnd auf eine sogleich in die Augen fallende Weise. Das Schreien, das Husten, das Niesen oder jede kraftvolle Ausathmung überhaupt verstärkt diese Ortsveränderung. Erwachsene, die ein Stück ihres Schädels durch die Trepanation, durch eine andere Verwundung oder durch Beinfraß verloren haben, können zu ähnlichen Beobachtungen Gelegenheit geben. Sind selbst die Hüllen des Gehirns unverletzt geblieben, so vermag man dennoch die Veränderung wahrzunehmen. Hervorwuchernde Schwämme der harten Hirnhaut gehen ebenfalls häufig

[1]) Longet, a. a. O. pag. 157 — 167.

auf und nieder. Legt man eine größere Strecke des Gehirns oder des Rückenmarkes eines lebenden mittelgroßen Säugethieres z. B. eines Hundes, eines Schaafes oder selbst eines Kaninchens bloß, so kann man sich von der Richtigkeit der Thatsache bald überzeugen. Ecker[1]) nahm dagegen keine Spur der Bewegung in der Taube, in Amphibien und in Fischen wahr.

Prüft man die Verhältnisse genauer, so findet man, daß man zwei 4402
Bewegungsarten unterscheiden muß. Die eine entspricht unmittelbar der Zusammenziehung und der Erweiterung der Herzkammern, die andere der Aus- und der Einathmung. Man hat daher auch eine arterielle und eine respiratorische Bewegung angenommen.

Da wenigstens die Athmungsbewegungen des Gehirns an den Fontanellen kleiner Kinder verfolgt werden können, so unterliegt es keinem Zweifel, daß sie in dem unverletzten, nicht vollkommen verknöcherten Schädel vorhanden sind. Es fragt sich aber, ob sie in Erwachsenen erst dadurch hervortreten, daß ein Theil der knöchernen Hüllen entfernt worden ist. Es ereignet sich bisweilen, daß man sie nach der Trepanation einer unpassenden Schädelstelle undeutlich oder fast gar nicht bemerkt und daß sie bestimmter auftreten, so wie man die harte Hirnhaut weiter loslöst, sie einschneidet oder den Umfang der Schädelwunde vergrößert.

Die arterielle Bewegung entspricht den Veränderungen, welche die 4403
Wechselthätigkeit der linken Herzkammer in den Körperschlagadern und den mit ihnen zusammenhängenden Gefäßen einleitet. Die Nervenmasse hebt sich während oder unmittelbar nach der Systole der Kammern, sie senkt sich während der Erschlaffung derselben. Sie nimmt wahrscheinlich in dem ersteren Falle an Umfang zu. Genauere Beobachtungen werden noch lehren müssen, in welchem Grade sich die Wellenerschütterungen des Pulses der Nervensubstanz selbst mittheilen.

Man kann diese Bewegungsart nach Ecker am Rückenmarke nur spurweise wahrnehmen. Sie tritt dagegen an dem Gehirn von Hunden, deren Schädel in gehöriger Ausdehnung geöffnet wurde, mit solcher Bestimmtheit auf, daß man selbst die Unregelmäßigkeiten des Herzschlages mittelst der entsprechenden Abweichungen der Hirnbewegung zu bestimmen im Stande ist[2]). Man sieht sie nicht in allen Säugethieren mit gleicher Deutlichkeit. Sie scheint z. B. im Kaninchen zu fehlen. Es rührt vermuthlich hiervon her, daß einzelne ältere[3]) und manche neuere Forscher[4]) den Einfluß, den das Herz auf die uns hier beschäftigenden Erscheinungen ausübt, in Abrede gestellt haben.

Man kann die arterielle Bewegung von zweierlei Ursachen herleiten. Der Umfang des Gehirns hängt in nicht unbedeutendem Grade von der Füllung der Blutgefäße, die sich in seinem Innern verbreiten, ab. Läßt man ein Thier bei geöffnetem Schädel

[1]) A. Ecker, Physiologische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns und Rückenmarks, insbesondere den Einfluss der Cerebrospinalflüssigkeit auf dieselben. Stuttgart 1843. 8. S. 19. 20.

[2]) Ecker, a. a. O. S. 18.

[3]) Vergl. z. B. hierüber Haller, Elementa physiologiae. IV. p. 176. Ecker, a. a. O. Seite 12. 13.

[4]) P. Flourens, Recherches experimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertèbres. Deuxième Edition. Paris 1842. 8. pag. 345.

verbluten, so sinkt die Hirnmasse zusammen. Verkürzt sich die linke Kammer, so dehnen sich die größeren und die kleineren Schlagadern nach und nach aus. Obgleich die festen Wände des Schädels kräftigen Widerstand leisten, so muß sich dennoch jener Einfluß geltend machen können, weil einzelne Stellen der das Gehirn einschließenden Kapsel von nachgiebigeren Geweben gebildet werden, die Verbindung mit dem Kanale der Wirbelsäule offen steht und diese eine noch reichlichere Menge dehnbarer Stellen darbietet. Man kann daher voraussetzen, daß die Gesammtmasse des centralen Nervensystems einige Tertien (Bd. I. §. 1051) nach der Zusammenziehung der linken Kammer aufschwellen wird.

Ein zweiter Umstand macht sich vor Allem am Gehirn geltend. Die Hirn-, die Wirbelschlagadern und die Basilarpulsader liegen an der Grundfläche unter dem Gehirn. Die Erweiterung, die Streckung und die Ortsveränderung, der sie kurz nach der Kammerzusammenziehung unterworfen werden, heben die Hirnmasse. Unterbindet man die Wirbelschlagadern und spritzt dann Wasser in die Carotiden eines mit dem Halse abgeschnittenen und senkrecht aufgehängten Menschenkopfes stoßweise ein, so kann man diese Veränderung künstlich hervorrufen [1]).

Es versteht sich von selbst, daß diese Erscheinungen von dem Widerstandsgrade, den die Umschließungswände zu leisten vermögen, abhängen müssen. Es erklärt sich hieraus, weshalb man die arterielle Bewegung, die immer der respiratorischen an Stärke nachsteht, an der großen Fontanelle des geschlossenen Schädels neugeborener Kinder undeutlich oder gar nicht wahrnimmt, weshalb sie sich dagegen an der Trepanöffnung bestimmter darstellt. Wenn sie am Rückenmarke weit geringer ausfällt, so kann dieses zunächst davon herrühren, daß sich hier die Schlagadern der günstigen Lagerungsverhältnisse, welche die Hauptstämme der Pulsadern des Gehirns darbieten, nicht erfreuen. Es wäre aber zugleich denkbar, daß sich die Schlagadern des Rückenmarkes weniger erweitern und daß der Wechsel der Blutfüllung einen geringeren Umfangsunterschied nach sich zieht.

4404 Die Bewegung, welche die tiefe Ein- und Ausathmung veranlaßt, fällt immer stärker als die arterielle Veränderung aus. Man kann sie daher auch schon in Kaninchen mit Deutlichkeit wahrnehmen. Der sichtbare Theil des Gehirns hebt sich während jeder stärkeren Ausathmung. Er sinkt bei einer lebhaften Einathmung zurück. Nimmt die Kraft der Athembewegungen zu, drückt man den Brustkasten in dem lebenden Thiere oder in der Leiche zusammen, so vergrößert sich die Hebungsweite der entblößten Hirnmasse. Macht man die harte Hirnhaut zwischen dem Hinterhaupt und dem ersten Halswirbel frei und öffnet sie dann in einem kleinen Bezirke, so kann man nicht selten bemerken, wie die Cerebrospinalflüssigkeit bei jeder kräftigen Ausathmung hervorgetrieben und bei der nachfolgenden Einathmung zurückgezogen wird. Befestigte Magendie[2]) eine mit Dinte theilweise angefüllte Röhre in einem Loche, das er in der Halsgegend der harten Haut eines Hundes angebracht hatte, so stieg und sank die Mischung mit dem Wechsel der Athembewegungen.

4405 Ein Hund, dem Ecker[3]) die beiden Carotiden und die beiden Wirbelschlagadern unterbunden hatte, zeigte keine arterielle Bewegung des Gehirns während des Todeskampfes. Das Hirn stieg aber während jeder Ausathmung empor und ging bei der tiefen Einathmung sichtlich zurück. Die Unterbindung der beiden Carotiden und einer Vertebralschlagader soll sogar nach Flourens[4]) die respiratorische Bewegung im Kaninchen verstärken.

---

[1]) C. F. Burdach, Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig 1826. 4. Seite 36. 37.

[2]) F. Magendie, Vorlesungen über das Nervensystem u. seine Krankheiten. Uebersetzt von G. Krupp. Leipzig 1841. 8. S. 77.

[3]) Ecker, a. a. O. S. 76. [4]) Flourens, a. a. O. p. 351. 365.

Die Verletzung oder die Unterbindung der Jugularvenen dagegen schwächt sie, ohne sie gänzlich aufzuheben. Hat man die Jugularvenen, die Vertebralvenen und die großen Längssinus des Rückenmarkes durchschnitten, so verliert sich die Bewegung mit Zunahme des Blutverlustes nach und nach gänzlich.

Wir haben schon Bd. I. §. 998 gesehen, daß sich die Spannung des 4406
Schlagaderblutes während einer Ausathmung stoßweise allmählig erhöht, weil eine Reihe von Herzschlägen auf den Zeitraum einer vollständigen Athembewegung kommt. Diese Erscheinung kann sich auch in den Hirnbewegungen wiederholen. Hatte Ecker[1]) ein Stück aus dem Schädel einer jungen Ziege ausgebohrt, so hob sich das Gehirn bei jeder tiefen Ausathmung stoßweise mehr und mehr, so daß 4 bis 5 kräftige Pulsationen einer Gesammterhöhung entsprachen.

Da die Ausathmung den Lauf des Schlagaderblutes begünstigt und die Entleerung der Endstücke der Venenstämme beeinträchtigt, während die Einathmung die entgegengesetzten Erfolge nach sich zieht, so folgt, daß auch die Füllung der Gefäße des Schädels und der Wirbelsäule mit den Athembewegungen wechseln können. Dieser Umstand bedingt ursprünglich die respiratorischen Veränderungen, die an dem Gehirn und dem Rückenmarke wahrgenommen werden.

Ecker[2]) bemühte sich, die Rolle, welche die Cerebrospinalflüssigkeit in dieser Hinsicht übernimmt, durch eine Anzahl lehrreicher Versuche darzulegen. Wir haben schon §. 4404 die Schwankungen, welche jene Mischung unter dem Einflusse der tieferen Athembewegungen darbietet, kennen gelernt. Hat man die häutigen und die bandartigen Gebilde, die sich zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel hinziehen, in einem lebenden Kaninchen oder Hunde bloßgelegt, so kann man bisweilen bemerken, wie sie mit jeder stärkeren Ausathmung in die Höhe gehen und während des Einathmens wiederum zurücksinken. Drückt man auf jene Hauttheile, so hebt sich entblößte Hirnmasse. Entleert man die Cerebrospinalflüssigkeit so vollständig als möglich, so nehmen die respiratorischen Hirnbewegungen in hohem Grade ab. Heftet man die Wunde zu und nimmt das Kaninchen nach zwei Tagen, wenn sich die Cerebrospinalflüssigkeit wiedererzeugt hat, abermals vor, so bemerkt man auch die Athembewegungen des Gehirns von Neuem. Das Abzapfen der Flüssigkeit zieht dann noch den früher erwähnten Erfolg zum zweiten Male nach sich.

Hatte Magendie[3]) die vordere Oeffnung der Sylvischen Wasserleitung in einem Kaninchen bloßgelegt, so traten einige Flüssigkeitstropfen bei jeder tiefern Ausathmung hervor, während sie bei der Einathmung abermals zurückwichen.

Diese Thatsachen führten Ecker[4]) zu folgender theoretischen Auffassung des Gegenstandes. Die venösen Sinus der Wirbelsäule können sich ihrem Baue nach stärker, als die Blutleiter der Schädelhöhle während der Athembewegungen ausdehnen. Es wird daher dann eine gewisse Menge von Cerebrospinalflüssigkeit aus der Höhlung der Wirbelsäule herausgetrieben. Sie dringt zu einem großen Theile durch den vierten Ventrikel und die Sylvische Wasserleitung, gelangt in den mittleren und die Seitenventrikel des großen Gehirns und hebt die über ihnen liegenden Nervenmassen in die Höhe. Legt man ein Stück des Sackes, der die Cerebrospinalflüssigkeit einschließt, in der Leiche bloß, so kann man sich überzeugen, wie ein auf den Brustkorb ausgeübter Druck einen Theil jener Flüssigkeit aus dem Wirbelkanale nach dem Schädel hin emportreibt. Oeffnet man eine kleine Stelle der Spinnwebehaut, entleert die Cerebrospinalflüssigkeit so sehr als möglich und bläst Luft ein, so gehen das große und das kleine Gehirn in die Höhe. Die Einspritzung von Wasser führt zu ähnlichen Ergebnissen.

---

[1]) Ecker, a. a. O. S. 37.
[2]) Ecker, a. a. O. S. 87 — 97.
[3]) F. Magendie, Vorlesungen über das Nervensystem. S. 160. 61.
[4]) Ecker, a. a. O. S. 85. 86.

Riolan glaubte gefunden zu haben, daß die Oeffnung der Seitenventrikel die Hirnbewegungen aufhebt. Es ist nicht wahrscheinlich, daß sich diese Thatsache vollkommen bekräftigen wird. Da sich das kleine Gehirn und das verlängerte Mark eben so gut, als das große Gehirn in merklichem Grade heben und senken, so kann man mit Recht vermuthen, daß diese Veränderung nicht ausschließlich von der in die Hirnhöhlen einströmenden Cerebrospinalflüssigkeit herrührt. Es versteht sich aber von selbst, daß die Eröffnung der Seitenhöhlen des großen Gehirns den Abfluß begünstigen und die Schwankungen in hohem Grade verkleinern wird.

Man darf übrigens theoretisch annehmen, daß sich die Erscheinungen mit den Widerständen, welche die Umgebungen des Gehirns zu leisten im Stande sind, ändern. Sind die Fontanellen nicht verknöchert, bietet der Kopf eines Menschen, der an angeborener Spaltung des Rückgrathes (S. 446) leidet, eine nachgiebigere Wandung dar, ist der harte Schädel in einer gewissen Ausdehnung lückenhaft geworden, so hat auch das Gehirn einen freieren Spielraum gewonnen. Fehlen diese Bedingungen in dem Erwachsenen, so wird die Umfangsvermehrung, welche die tiefere Ausathmung herbeizuführen sucht, auf bedeutendere Hindernisse stoßen und wahrscheinlich größtentheils hinwegfallen [1]). Einige Nebenverhältnisse, die selbst hier noch eine gewisse Veränderung möglicher Weise bedingen, werden uns in der Folge beschäftigen.

4407 Das Rückenmark bietet andere Erscheinungen dar. Manche Forscher läugneten hier alle Bewegungen[2]). Ecker[3]) bemerkte dagegen, daß die arterielle sehr unbedeutend ist, daß eine Anschwellung der Masse kaum wahrgenommen werden kann, daß man aber die Hebung, welche die Ausathmung und die Senkung, welche die Einathmung in dem Hunde und dem Kaninchen begleitet, mit Deutlichkeit zu verfolgen vermag. Diese Erscheinung wiederholt sich längs des ganzen Rückenmarkes. Das Abzapfen der Cerebrospinalflüssigkeit beseitigt sie nicht. Man kann hieraus schließen, daß die Ausdehnung der venösen Sinus der Wirbelsäule Kraft genug besitzt, um das Rückenmark des auf dem Bauche liegenden Thieres emporzuheben.

4408 Empfindende und bewegende Thätigkeiten des Rückenmarkes und des Gehirns. — Mehrere Umstände erschweren hier in vielen Fällen die Sicherheit des Urtheils. Will man ein Stück des Rückenmarkes oder ein tieferes Hirngebilde bloßlegen, so muß man die mit reichlichen Blutadersinussen versehenen Knochenwände entfernen. Ein empfindlicher, mit einer starken Blutung verbundener Eingriff geht dann meistentheils dem Versuche selbst voran. Geringe Schmerzenseindrücke rufen daher häufig weder Widerstand, noch Schreien hervor. Man kann höchstens die empfindlichen, nicht aber die unempfindlichen Theile genauer verfolgen.

4409 Wir werden später sehen, daß die centralen Gebilde des Nervensystems ihre Wirkungen in vielen Fällen wechselseitig zu übertragen pflegen. Ein empfindender Eindruck vermag auf diese Weise Bewegungen herbeizuführen. Ein Theil, der ursprünglich andere Muskeln beherrscht, ist im

---

[1]) Vergl. auch die Versuche von Bourgougnon bei Longet, a. a. O. Tome I. pag. 776. J. Reid, Physiological, Pathological and Anatomical Researches. Edinburgh 1848. 8. p. 581 — 601. u. Hamernjk, in der Prager Vierteljahrsschrift. Bd. I. Prag 1847. 8. S. 38 — 117.

[2]) Longet, Ebendaselbst. p. 798. 799.

[3]) Ecker, a. a. O. S. 107 — 112.

Stande eine eigenthümliche, und fremdartige Reihe von Verkürzungserscheinungen zu bedingen, weil er eine zweite Gegend gleichzeitig in Thätigkeit versetzt hat. Man sieht leicht, daß dieser Umstand zu irrigen Beurtheilungen der Empfindungs- und der Bewegungseinflüsse führen kann.

Die Gegenanstrengungen und die Schmerzenslaute sind die beiden 4410
Hauptzeichen, durch welche ein Thier seine Leiden verrathen kann. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß man hier scheinbare Gegenbewegungen, welche nur von den Mittheilungsverhältnissen herrühren, zu erhalten vermag. Das Schreien liefert aber auch nicht immer zuverlässigere Thatsachen. Wir werden in der Folge sehen, daß gewisse Anregungen des verlängerten Markes heftige Stimmtöne, die keineswegs mit Sicherheit als bewußte Schmerzenslaute zu deuten sind, nach sich zu ziehen pflegen.

Das Rückenmark kann an keiner Stelle vollständig der Quere nach 4411
durchschnitten werden, ohne daß die Theile, deren Nerven hinter der Trennungsgegend eintreten, ihre Beziehung zu dem Selbstbewußtsein verlieren. Hat man das unterste Stück des Brustmarkes auf die erwähnte Weise in einem Säugethiere verletzt, so wird die bewußte Empfindung und der Willenseinfluß für die Hinterbeine, nicht aber für die Vorderbeine aufgehoben. Man kann den oberen Abschnitt wie man will, verletzen, ohne daß das Thier Schmerzen verräth. Es ist in ähnlichen Fällen im Menschen vorgekommen, daß der Kranke am Kamine einschlief und sich die Füße, ohne zu erwachen, zu Kohle verbrannte. Keine Willensanstrengung vermag überdies die geringste Bewegung in den gelähmten Muskeln hervorzurufen.

Obgleich die Unterbrechung des Zusammenhanges die Einflüsse des 4412
Bewußtseins für das untere Stück des Rückenmarkes vernichtet hat, so sind doch deswegen die übrigen Thätigkeitsäußerungen jener Nervenmasse nicht zu Grunde gegangen. Ein Empfindungsreiz, der z. B. von einer entsprechenden Hautstelle aus zugeleitet wird, vermag Bewegungen in den gelähmten Gliedern mittelst der früher erwähnten Uebertragungen hervorzurufen. Spricht man den unteren Abschnitt des durchschnittenen Rückenmarkes an, so verkürzen sich ausgedehnte Muskelgruppen der gelähmten Glieder gleichzeitig. Wiederholt man den Versuch oberhalb der Verletzung, so erhält man Schmerz, aber keine Bewegungen, die dem unteren Abschnitte des Rückenmarkes entsprächen.

Es ergiebt sich von selbst, daß der Umfang der Lähmung mit der 4413
Höhe der Trennungsstelle wachsen muß. Liegt diese in der Gegend der untersten Brustwirbel des Menschen, so werden nur die unteren Extremitäten gelähmt sein. Trifft sie das Rückenmark in der Nähe des dritten Brustwirbels, so kommt die Unthätigkeit der Bauch-, der meisten Brust- und der entsprechenden Rückenmuskeln hinzu. Wiederholt sich das Gleiche in der Mitte des Halsmarkes, so unterliegen noch die Arme, die höheren Rückenmuskeln, zum Theil das Zwerchfell und überhaupt alle willkührlich verkürzbaren und alle empfindenden Gebilde, die nicht mit höheren Stellen des centralen Nervensystemes in Verbindung stehen.

Die §. 4249 gegebene Uebersichtstabelle, welche die Verbreitungsbezirke der einzelnen Rückenmarksnerven umfaßt, kann in dieser Hinsicht meistentheils als Leitfaden dienen. Man darf übrigens in einzelnen Krankheitsfällen nicht vergessen, daß manche Hautstellen und nicht wenige Muskeln ihre Nervenfasern aus verhältnißmäßig entfernten Orten beziehen und daß sie daher ihre Thätigkeit bewahren, wenn auch das Rückenmark an einem relativ hohen Punkte durchrissen worden. Denken wir uns z. B., die Verletzung befände sich in der Gegend des fünften Halswirbels des Menschen, so werden zwar die Arme gelähmt sein. Es kann aber die Haut, die das Schultergelenk und den obersten Theil des Oberarmes bekleidet, ihre Empfindlichkeit bewahren, weil die Oberschlüsselbeinnerven (N. N. supraclaviculares) dem vierten Halsnerven angehören. Ist auch der untere Theil des Rückenmarkes bis zu der Eintrittsstelle des ersten Lendenwirbelnerven zerstört, so können doch die Bauchmuskeln fortarbeiten, weil ihre bewegenden Nerven den sechs untersten Brustwirbelnerven angehören.

4414 **Trennt man das Rückenmark eines Säugethieres oder eines Frosches der Quere nach und reizt dann die hintere Schnittfläche, so wird das Maximum der Bewegungserscheinungen, die man zu erhalten vermag, der Summe der Verkürzungen, welche jener hintere Rückenmarkstheil einzuleiten im Stande ist, gleichen. Hält sich dagegen der Eingriff innerhalb gewisser Grenzen oder ist die Empfänglichkeit des Ganzen beträchtlich gesunken, so ereignet es sich auch, daß sich nur diejenigen Muskeln, deren bewegende Nerven in unmittelbarer Nachbarschaft der Verletzungsstelle eintreten, zusammenziehen. Läßt man sehr mäßige mechanische Reize auf die Vorderstränge des unverletzten Rückenmarkes wirken, so kann man die gleichen Ergebnisse erreichen.**

Van Deen [1]) hat diese Beziehungen im Frosche am Ausführlichsten untersucht. Da dieses Thier zu Nervenversuchen häufig dienen muß, so wollen wir uns zuvörderst die anatomischen Verhältnisse nach einer von van Deen gegebenen Zeichnung [2]) übersichtlich darstellen. Fig. 348 zeigt das Gehirn und Rückenmark des Frosches von vorn. Die Querfortsätze der Wirbel, die Hüftbeine (*x x*) und das Steißbein (*y*) sind zugleich angedeutet. Wir haben: 1. N. olfactorius. 2. N. opticus. 3. N. oculomotorius. 4. N. patheticus. 5. N. trigeminus mit den Aesten *a* (R. nasalis), *b* (R. maxillaris) und *c* (R. palatinus). 6. N. abducens. 7. N. facialis (Nr. 6 und 7 in den Gasser'schen Knoten eintretend). 8. N. acusticus. 9. N. vagus. *d*. Chorda tympani. *e*. R. tympanicus posterior. *f*. R. lingualis. *g*. R. intestinalis internus. *h*. R. cutaneus. *β*. R. pharyngeus. *γ*. R. N. sympathici. *δ*. R. intestinalis externus. *ε*. R. communicans cum N. hypoglosso. *α*. N. jugularis. *l*. R. auricularis. *n*. R. jugularis. *m*. R. mentalis. 10. N. spinalis I. (hypoglossus). 11. N. spinalis II. (der Hauptendigung nach Brachialis). 12. N. spinalis III. (Brachio-pectoralis). 13. N. spinalis IV. (abdominalis I.) 14. N. spinalis V. (abdominalis II.). 15. N. spinalis VI. (abdominalis III.). 16. N. spinalis VII. (N. inguinalis). 17. N. spinalis VIII. (Cruralis). 18. N. spinalis IX. (N. ischiadicus). 19. N. spinalis X. (Coccygeus, Pudendus). *o. o.* Die

Fig. 348.

[1]) J. van Deen, Traité et Decouvertes sur la physiologie de la moelle épinière. Leide. 1841. 8. p. 11. 12. Vergl. auch B. Stilling, Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig 1842. 8. S. 4. 5.

[2]) Van Deen, in seinen, Donders u. Moleschott's Holländischen Beiträgen. Heft I. Utrecht und Düsseldorf 1846. 8. S. 28.

Knochenwände des oberen oder hinteren Theiles der Wirbelsäule. z. Schädelknochen.

Dieses vorausgesetzt, so ergaben die von van Deen angestellten Beobachtungen:

Reizung der Vorderstränge des Rückenmarkes des Frosches in der Gegend des	Zunächst in Bewegung gesetzte Theile.
Ersten Wirbels.	Muskeln des Kopfes und vorzüglich des Unterkiefers.
Zweiten Wirbels.	Muskeln der Vorderfüße und der Brust.
Dritten Wirbels.	Bauchmuskeln.
Vierten Wirbels.	Untere Bauch- und obere Schenkelmuskeln.
Fünften Wirbels.	Mehrzahl der Schenkelmuskeln.
Sechsten Wirbels.	Fast alle Muskeln der Hinterbeine.

Verletzt man die beiden hintersten Wirbel und das Steißbein, so erhält man nur dann Bewegungen, wenn der Steißbeinnerv (19 Fig. 316) mit zwei Wurzeln entspringt. Die Zehen ändern bisweilen ihre Stellung in diesem Falle (S. 328).

Alle Forscher stimmen darin überein, daß die hinteren Stränge des 4415
Rückenmarkes in höchstem Grade empfindlich sind, die vorderen dagegen lebhafte Bewegungen in allen von ihnen abhängigen Theilen hervorrufen können. Die Ergebnisse, welche die verschiedenen Beobachter erhalten haben, weichen nur insofern ab, als die Einen keine Verkürzungseinflüsse den Hintersträngen und keine Empfindungsthätigkeiten den Vordersträngen zuerkennen, während Andere diese vollkommene, den Nervenwurzeln entsprechende Sonderung nicht zugeben. Wir werden in der Folge auf das Nähere dieser Streitfrage ausführlich zurückkommen. Die centrale Masse des Rückenmarkes und die Wände des Centralkanales, wenn dieser vorhanden ist, zeigen keine auffallende Empfindlichkeit.

Jede Seitenhälfte des Rückenmarkes entspricht, so viel man weiß, 4416
nur der gleichen Seitenhälfte des Rumpfes. Reizt man den rechten Vorderstrang, so bewegen sich in der Regel die zugehörigen Muskeln der rechten Seite und umgekehrt.

Oeffnet man in einem Hunde den Zwischenraum, der zwischen dem 4417
Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel übrig bleibt, so kann man sich in günstigen Fällen überzeugen, daß die Hauptgebilde der Oberfläche des verlängerten Markes in hohem Grade empfindlich sind. Die Pyramiden, die seitlichen, den Oliven des Menschen entsprechend gelagerten Theile, die strickförmigen Körper und ein beträchtlicher Abschnitt des Grundes der vierten Hirnhöhle besitzen eine besondere Empfänglichkeit für Schmerzenseindrücke. Die nächste Umgebung der Schreibfeder und die Oberfläche der Sylvischen Wasserleitung dagegen liefern andere Ergebnisse. Magendie [1]) konnte eine Sonde und Schiff [2]) die Spitze

[1]) Magendie, a. a. O. S. 160. 61.
[2]) Schiff, in Roser und Wunderlich's Vierteljahrsschrift. Bd. V. Stuttgart 1846. 8. S. 675. 76.

einer Staarnadel in jenen Kanal in Kaninchen einführen, ohne daß sich diese im Geringsten regten. Sticht man ein Messer in das Innere des verlängerten Markes, so schreien manche Thiere laut auf, während sich andere ruhiger verhalten. Die vorangehenden Eingriffe und die Oertlichkeit der Zerstörung scheinen diese Abweichungen zu bedingen.

4418 Zermalmt man das verlängerte Mark, so verfallen die meisten Muskeln des Körpers in die anhaltendsten Krämpfe. Man erhält hier zunächst die Summe der Wirkungen, deren das Rückenmark fähig ist. Die Augen, die Gesichts-, die Kaumuskeln, die Zunge, der Schlund und die Speiseröhre werden aber oft gleichzeitig ergriffen, weil die Fasern des dritten bis siebenten und des neunten bis zwölften Hirnnervenpaares in die Brücke und in das verlängerte Mark einstrahlen [1]). Tiefe Athembewegungen und lebhafte Verkürzungen des Zwerchfelles können ebenfalls von dem verlängerten Marke aus angeregt werden.

4419 Zerstört man die eine Seitenhälfte des Rückenmarkes, so zieht dieser Eingriff keine Lähmung nach sich, die auf eine Kreuzungswirkung schließen ließe. Keine innere Anregung nöthigt das Thier, gewisse Zwangsbewegungen vorzunehmen. Viele Theile des großen und des kleinen Gehirns führen, wie wir später sehen werden, zu anderen Ergebnissen. Kreuzungen und gewisse unabweisliche Drehungen treten hier als beständige Merkmale hervor.

4420 Das verlängerte Mark und die Brücke bilden in dieser Hinsicht ein Mittelglied zwischen dem Gehirn und dem Rückenmark. Die rechte Hälfte des vollkommen freien Theiles des verlängerten Markes regt noch Krämpfe in der rechten Körperhälfte an. Halbseitige Verletzungen jenes Theiles des centralen Nervensystemes führen zu Drehbewegungen, die nach der Verletzungsseite hin gerichtet sind. Der Kreuzungseinfluß macht sich erst später geltend. Er tritt um so entschiedener hervor, je weiter wir nach vorn vorschreiten.

Da sich die Anregung der einen Seitenhälfte der anderen mittheilen kann, so stoßen hier die Reizversuche, die man an lebenden oder an frisch getödteten Thieren macht, auf sehr viele Schwierigkeiten. Beobachtet man ein lebendes Geschöpf, das auf diese Weise verstümmelt worden, so begegnet man keiner völlig unzweifelhaften halbseitigen Lähmung. Man erhält verwickelte und schwankende Bewegungsstörungen, die einer willkührlichen Deutung leicht unterworfen werden können. Wir werden z. B. in der Folge sehen, daß die gleiche Art von Drehungen, welche der halbseitigen queren Theilung der Brücke nachfolgten, Hertwig [2]) eine Kreuzungswirkung annehmen, Schiff [3]) dagegen dieselbe verwerfen ließen.

Reizte Flourens [4]) die rechte Hälfte des verlängerten Markes einer Taube, so

---

[1]) Vergl. hierüber vorzüglich die mühevolle und ausgezeichnete Arbeit: B. Stilling, Untersuchungen über den Bau des Hirnknotens oder der Varol'schen Brücke. Jena 1846. Fol. S. 115 — 43 u. 153 — 57.

[2]) H. Hertwig, Experimenta quaedam de effectibus laesionum in partibus encepha'i singularibus et de verosimili harum partium functione. Berolini 1826. 4. p. 24.

[3]) M. Schiff, de vi motoria baseos encephali inquisitiones experimentales. Bockenhemii 1845. 8. pag. 54.

[4]) P. Flourens, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Seconde Edition. Paris 1842. 8. pag. 112. 113.

zogen sich die Extremitäten der rechten Seite krampfhaft zusammen. Ein Hund, dem Magendie [1]) die Gegend der rechten Pyramide durchschnitten hatte, konnte die Vorder- und die Hinterpfote der rechten Seite nicht beugen. Diese Störung mangelte an den linken Extremitäten. Schritt aber das Thier mit dem linken Vorderbeine vor, so folgte das rechte am Boden nach. Der Rumpf krümmte sich überdies nach rechts, zum Beweise, daß die Erscheinungen hier schon verwickelter waren, als bei einer einfachen halbseitigen Lähmung. Calmeil [2]) giebt nach einem am Schaafe angestellten Versuche an, daß die hinteren Stränge des verlängerten Markes entsprechende, die vorderen dagegen gekreuzte Wirkungen ausüben. Hatte Budge [3]) diesen Theil in lebenden Katzen von oben her bloßgelegt und reizte er ihn hinten an seinem Anfange auf der rechten Seite mit einer Nadelspitze, so zeigten sich Krämpfe in dem rechten Hinterbeine. Ging er weiter nach vorn, so zogen sich beide Hinterbeine und das rechte Vorderbein zusammen. Wiederholte er endlich den Versuch dicht an der Brücke, so antworteten das rechte Vorder- und das linke Hinterbein. Budge schloß hieraus, daß sich diejenigen Fasern, welche später in das Rückenmark eintreten, weiter nach vorn im Bereiche des verlängerten Markes durchkreuzen.

Flourens [4]) glaubt bemerkt zu haben, daß keine Stelle des verlängerten Markes der Amphibien Kreuzungswirkungen darbietet. Ich schloß schon aus früheren Versuchen [5]), daß diese in dem vorderen Theile des verlängerten Markes auftreten, während das hinterste Stück mit dem Rückenmarke übereinstimmt. Hatte van Deen [6]) die rechte Hälfte des verlängerten Markes ungefähr in der Mitte seiner Länge quer durchschnitten, so zeigten sich Bewegungsstörungen, welche eine gleichzeitige auffallende Veränderung in den Verkürzungsverhältnissen des linken Hinterbeines außer Zweifel stellen.

Prüft man das verlängerte Mark frisch getödteter Säugethiere, so 4421
findet man häufig, daß nur einzelne der §. 4418 genannten Verkürzungsgebilde die Reizung beantworten. Gebrauchte ich z. B. die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors (S. 404.), so ereignete es sich in Hunden, daß die Kiefer zusammenklappten, alle übrigen Bewegungen dagegen mangelten. Man findet unter den gleichen Verhältnissen im Kaninchen, daß einzig und allein das Zwerchfell, ein Theil der übrigen Athemmuskeln oder irgend ein Muskel der Rumpfglieder in Thätigkeit geräth. Diese Erscheinungen deuten darauf hin, daß die verschiedenen Punkte des verlängerten Markes ihre Empfänglichkeit zu ungleichen Zeiten verlieren und daß viele von ihnen gewisse gesonderte Bewegungsbezirke vorzugsweise beherrschen. Die anatomischen Verhältnisse unterstützen diese Auffassungsweise. Stilling [7]) hatte gefunden, daß die Fasern des zwölften Hirnnerven in einen eigenen grauen Kern des verlängerten Markes eintreten. Reizte er diesen in frisch getödteten Katzen oder Kaninchen an einer Seite, so erhielt er Verkürzungen in der entsprechenden Zungenhälfte.

Betrachten wir endlich das große und das kleine Gehirn, so 4422
finden wir, daß hier viele Gebilde ohne Schmerzenszeichen verletzt oder abgetragen werden können. Die Bewegungseinflüsse verlieren zugleich

---

[1]) Magendie, a. a. O. S. 186.
[2]) Calmeil, bei Longet, a. a. O. Tome I. p. 400.
[3]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft I. Frankfurt a. M. 1841. 8. Seite 21.
[4]) Flourens, a. a. O. p. 122.
[5]) De functionibus nervorum pag. 184.
[6]) Van Deen, a. a. O. S. 34.
[7]) B. Stilling, Ueber die Medulla oblongata. Erlangen 1843. 4. S. 57.

jene Einfachheit und Beständigkeit, die das Rückenmark und das verlängerte Mark darbieten.

4423 Legt man die Großhirnhemisphären eines Hundes, einer Katze, einer Taube oder einer Ente bloß, so hat hierdurch das Thier das Vermögen, schmerzhafte Eindrücke aufzufassen, keineswegs verloren. Ein Druck, der die äußeren Körperbedeckungen trifft, und nicht selten sogar die Verletzung der harten Hirnhaut werden deutlich wahrgenommen. Berührt man dagegen die Großhirnhemisphären oder führt man selbst einen Stift durch den Vordertheil des Hirns bis zur Schädelgrundfläche durch, so bleibt das Thier vollkommen ruhig. Es zuckt oder schreit nur dann, wenn man den dreigetheilten oder einen anderen empfindlichen Hirnnerven, den Sehhügel, einen Großhirnschenkel oder das verlängerte Mark, mithin fremdartige Gebilde zufällig angegriffen hat. Nimmt man die Masse der Großhirnhemisphären bis auf das Dach der Seitenhöhlen oder selbst dieses noch scheibenweise hinweg, so leistet das Kaninchen eben so wenig Widerstand, als wenn man ihm die Haare oder die Nägel abschnitte. Aehnliche Erscheinungen kehren auch im Menschen wieder. Es ist schon mehrfach vorgekommen, daß man ein Stück der Hemisphärenmasse, das durch eine Schädelwunde vorgetrieben worden war, ohne Schmerz entfernte. Wurden ausgetretenes Blut, abgelagerter Eiter oder eingetriebene Knochenstücke künstlich fortgeschafft, so konnte man Bestandtheile der Großhirnhemisphäre gleichzeitig zerreißen oder hervorholen, ohne daß unangenehme Empfindungen den Eingriff dem Kranken anzeigten.

Diese Thatsachen machen es möglich, die tieferen Hirntheile jüngerer Säugethiere oder kleinerer Vögel auf eine minder schmerzhafte Weise bloßzulegen. Man schneidet nämlich die Schädeldecken und die oberen Abtheilungen der Großhirnhemisphären mit einem kräftigen wagerechten Messerzuge gleichzeitig durch. Wird der Versuch sehr rasch vollführt, so geben die Thiere nicht selten keinen Schmerzenslaut von sich. Sie zucken höchstens im ersten Augenblicke.

4424 Viele andere Theile des großen Gehirns zeigen die gleiche Unempfindlichkeit. Hierher gehören der Trichter, der Hirnanhang und die meisten, wo nicht alle Gebilde, die an der Grundfläche frei zu Tage liegen. Entfernt man ein langes dünnes Knochenblatt dicht neben dem obern Längsblutleiter eines Kaninchens und dringt dann zwischen den Halbkugeln des großen Gehirns bis zur Grundfläche des Schädels mit einem Messer vor, so verhält sich das Thier vollkommen ruhig. Hält sich auch die Verletzung nicht genau in der Mittellinie, so braucht sich deswegen das Ergebniß nicht zu ändern. Wir können hieraus schließen, daß die wesentlichen Mittelgebilde, wie der Balken, die durchsichtige Scheidewand, das Gewölbe, die vordere und die weiche Commissur keine Empfindlichkeit besitzen. Trifft man dagegen das dritte Nervenpaar, die Großhirnschenkel oder die Brücke, so schreit das Kaninchen laut auf. Hat man das Schädeldach und die oberen Theile der Großhirnhemisphäre abgetragen, so kann man den Balken reiben, ohne daß sich das Thier um den Eingriff kümmert.

4425 Die Hauptmasse der Streifenhügel zeigt sich in Kaninchen völlig un-

empfindlich. Was den Sehhügel betrifft, so schließt Magendie [1]) aus seinen Versuchen, daß ihm ein beträchtlicher Empfänglichkeitsgrad zukommt. Schiff [2]) gewährt eine nur geringe Empfindlichkeit den nach unten gelegenen Theilen des Sehhügels und den Hirnschenkeln in ihrer ganzen Dicke. Longet [3]) stellt endlich die Sehhügel den Halbkugeln des großen Gehirns völlig gleich.

Stieß Magendie [4]) eine Sonde in der Richtung der Sehhügel ein, so ließ das Kaninchen ein dumpfes Knurren, als wenn es bös wäre, vernehmen. Hunde bellten bisweilen, wenn die Nervenmasse in der Nähe der Sehhügel verletzt wurde. Schiff [5]) fand, daß jene eigenthümliche Stelle im Kaninchen vor dem Sehhügel in der Nähe der vorderen Gewölbschenkel liegt.

Säugethiere und Vögel pflegen eine ganz oberflächliche und leise 4426
Reizung der Vierhügel ohne Gegenwirkung zu ertragen. Jede tiefere Verletzung dagegen führt immer zu stürmischen Erscheinungen. Die Thiere schreien laut auf und wehren sich auf das Heftigste [6]). Die Entfernung der Zirbeldrüse oder die Trennung ihrer vorderen nach den Sehhügeln hinübergehenden Markstiele ruft keinen Schmerz in Kaninchen hervor [7]).

Legt man das kleine Gehirn von oben her bloß, so kann man eine 4427
Reihe von Scheiben von den Halbkugeln oder dem Wurme abtragen, ohne daß das Thier den geringsten Widerstand leistet. Hebt man das Ganze in die Höhe und verletzt die Unterfläche oder dringt man dann bis zu dem Ciliarkörper vor, so erhält man häufig Schmerzensregungen. Es bleibt jedoch zu entscheiden übrig, ob sich hierbei die Nebenverhältnisse der Kleinhirnschenkel wesentlich betheiligen oder nicht. Die verschiedenen Markschenkel, die von dem kleinen Gehirn zu den Vierhügeln, der Brücke und dem verlängerten Marke hinübergehen, können deutliche Schmerzenszeichen veranlassen.

Versuchen wir, die empfindlichen und unempfindlichen Theile des Gehirns und des Rückenmarkes wechselseitig gegenüber zu stellen, so erhalten wir:

Empfindlich.	Unempfindlich.
Rückenmark, vorzugsweise die hintere Hälfte desselben.	Umgebung der Schreibfeder und Wandung der Sylvischen Wasserleitung.
Größter Theil des Bodens der vierten Hirnhöhle.	Zirbeldrüse und (vordere) Stiele derselben.
Oberfläche des verlängerten Markes und der Brücke.	Oberfläche der Vierhügel.
Schenkel des kleinen Gehirns für das verlängerte Mark, die Brücke und die Vierhügel.	(Vorzüglich äußere, hintere und obere) Rindentheile des Wurmes und der Halbkugeln des kleinen Gehirns.

[1]) Magendie, a. a. O. S. 121.
[2]) Schiff, a a. O. S. 680.
[3]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 517.
[4]) Magendie, a. a. O. S. 131. 132.
[5]) Schiff, a. a. O. S. 683. De vi motoria baseos encephali. p. 9. 10.
[6]) Vgl. Longet, a. a. O. Tome I. p. 473.
[7]) Magendie, a. a. O. S. 132. 33.

Empfindlich.	Unempfindlich.
(Tiefe der Vierhügel? Innerer und unterer Theil des kleinen Gehirns?)	Wandungen der dritten Hirnhöhle. Vordere und weiche Commissur.
Hauben und Großhirnschenkel.	Balken. Gewölbe. Durchsichtige Scheidewand. Hirnanhang und Trichter.
Innere und untere Ursprungstheile (der Streifen- und) der Sehhügel.	Hauptmasse des Streifenhügels und vielleicht des Sehhügels.
	Graue und weiße Masse der Windungen der Halbkugeln des großen Gehirns. Dach der Seitenhöhlen.

Man wird übrigens aus dem Früheren leicht entnehmen, daß die Empfindlichkeitsgrade der verschiedenen Hirntheile in bedeutendem Umfange wechseln.

4428 Da uns die Bewegungsstörungen, welche die einseitigen Verletzungen des großen oder des kleinen Gehirns in den lebenden Säugethieren, Vögeln und Fröschen nach sich ziehen, in der Folge ausführlicher beschäftigen werden, so wollen wir hier nur die Ergebnisse, welche die Reizversuche liefern, berücksichtigen.

4429. Spricht man die Vierhügel in einem lebenden Säugethiere oder Vogel an, so bewegen sich die Augenmuskeln. Es nimmt in der Regel zugleich der Umfang des Sehloches ab. Obwohl diese Wirkungen kreuzweise eintreten, so kann es sich doch ereignen, daß sich auch die Regenbogenhaut der verletzten Seite gleichzeitig bewegt [1]). Es kam mir ein Mal vor, daß sich die linken Gesichtsmuskeln eines frisch getödteten Kaninchens zusammenzogen, als ich die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors in einer geringen gegenseitigen Entfernung an den rechten vorderen Vierhügel angelegt hatte. Es ist jedoch höchst wahrscheinlich, daß dieser Erfolg von der weiteren Verbreitung des elektrischen Stromes abhing.

4430 Zerstört man die Großhirnhemisphären, die Streifen- oder die Sehhügel in lebenden oder frisch getödteten Säugethieren, so kann man in der Regel keine beschränkte Gegenwirkung freier Körpermuskeln wahrnehmen. Fasse ich die einzelnen glücklichen Ausnahmen, die mir an frisch getödteten Säugethieren vorgekommen sind, zusammen, so fand ich, daß die Verkürzungen meist an der entgegengesetzten Seite auftraten.

4431 Hatte ich die Seitenhöhlen des großen Gehirns und die Antlitzmuskeln in jungen Kaninchen bloßgelegt, so bemerkte ich bisweilen, daß sich die Muskeln der linken Wange und die benachbarten Verkürzungsgebilde zusammenzogen, wenn ich den Streifenhügel oder den Sehhügel der rechten Seite anstach. Die Zuckungen hörten mit der Reizung gleichzeitig auf. Sie wiederholten sich aber, so wie ich den Versuch von Neuem einleitete. Trug ich den einen Sehhügel und die benachbarte Wand des Seitenventrikels in neugeborenen Katzen schichtweise ab, so erhielt ich in mehreren Versuchen lebhafte Bewegungen der Tasthaare und der Zungenhälfte

[1]) Flourens, a. a. O. S. 144. Longet, a. a. O. Tome II. p. 61.

der entgegengesetzten Seite. Reizte ich den rechten hinteren Gewölbschenkel oder das Ammonshorn am Anfange des Unterhornes des Seitenventrikels in jungen Kaninchen mit mechanischen Mitteln, so zuckte die linke Hälfte des Kreismuskels des Mundes in auffallender Weise. Dieser Versuch ist mir nur ein Mal in jungen Katzen gelungen. Durchschnitt ich endlich die Gegend der Sehhügel eines großen durch einen Schlag auf den Kopf getödteten Hundes, so bewegten sich die beiden Hinterbeine.

Stach ich die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors in die Oberfläche der linken Großhirnhemisphäre ungefähr über dem Streifenhügel ein, so bewegten sich das linke Vorder- und das linke Hinterbein eines jungen, unmittelbar vorher getödteten Kaninchens. Senkte ich die Elektroden in den rechten Streifenhügel eines anderen Thieres der Art, so erhielt ich lebhafte Bewegungen der linken Gesichtsmuskeln, vorzüglich der Nase, und der linken, am meisten sichtbaren Hälfte des Zwerchfelles [1]). Dieses verkürzte sich auch in einem anderen Falle, wenn ich die linke Kleinhirnhemisphäre angesprochen hatte. Die Wirkung bestand nicht in jenen abwechselnden Zusammenziehungen, welche der Reiz der Luft so häufig herbeiführt, sondern in nachdrücklichen und durchgreifenden Bewegungen, wie sie nur die kräftige Anregung des Zwerchfellnerven hervorruft. Ein ähnliches Ergebniß trat in einem anderen Kaninchen, nachdem ich die linke Großhirnhemisphäre angesprochen hatte, hervor.

Die eigenthümlichen Drehbewegungen, welche der einseitigen Trennung der paarigen Hirntheile der Thiere nachfolgen, kommen nur in sehr seltenen Fällen im Menschen vor. Man bemerkt dagegen hier sehr häufig, daß halbseitige Lähmungen mit Störungen in einer Hirnhälfte verbunden sind. Die oben erwähnten, an Thieren angestellten Reizversuche erhalten hierdurch eine gewisse Bedeutung.

Hatte ein Schlaganfall oder ein anderes Hirnleiden den rechten Arm und das rechte Bein eines Menschen gelähmt, so findet man in der Regel in der Leiche, daß der Blutaustritt, die Erweichung oder die Wasserblasen in der linken Großhirnhemisphäre und zwar meist in der Gegend der Seh- und der Streifenhügel vorkommen. 258 freilich noch kritisch zu sichtende Fälle, die Burdach [2]) zusammengestellt hat, führten zu dem Ergebnisse, daß sich die Lähmung 216 und wahrscheinlich sogar 243 Mal auf der entgegengesetzten und nur 15 Mal an derselben Seite, welche den Hirnfehler darbot, geltend machte. Man hat übrigens auch in einzelnen Fällen wahrgenommen, daß die dem entarteten Hirntheile gegenüberliegende Körperhälfte in Lähmung verfiel, die entsprechende dagegen an unwillkührlichen Zuckungen litt. Bietet schon diese Erscheinung viel Räthselhaftes dar, so gilt dieses in noch höherem Grade von den Kreuzlähmungen (Stauroplegieen), in denen z. B. der rechte Arm und das linke Bein dem Einflusse des Bewußtseins entzogen sind (vgl. §. 4420).

Die Muskeln des Auges, des Gesichtes und der Zunge betheiligen sich ebenfalls häufig in solchen halbseitigen Lähmungen. Es ereignet sich z. B., daß der äußere gerade Augenmuskel nachgiebt und daß daher der entsprechende Augapfel plötzlich nach innen schielt. Die Lähmung der Antlitzmuskeln tritt bald auf der gleichen, bald auf der dem Hirnfehler entgegengesetzten Seite hervor. Jener Fall wurde z. B. in 38 Fällen 10 und dieser 28 Mal beobachtet [3]). Die Zunge kann in beiderlei verschiedenen Richtungen abweichen. Vgl. §. 4361.

---

[1]) Vgl. J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt a. M. 1842. 8. S. 54.

[2]) C. F. Burdach, Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig 1826. 4. Seite 370.

[3]) Burdach, Ebendaselbst. S. 373.

4432 Wir haben bis jetzt nur die freien Körpermuskeln ins Auge gefaßt. Die verschiedenartigen Einflüsse, welche die Gemüthsbewegungen auf das Herz, den Nahrungskanal, die Entfernung des Kothes, des Harnes und des Samens ausüben, lehren deutlich, daß die Eingeweide der Brust- und der Bauchhöhle von den Zuständen des centralen Nervensystems in hohem Grade abhängen. Eine Reihe von Beobachtungen die Budge[1]) und ich[2]) an frisch getödteten Hunden und Katzen und vorzüglich an Kaninchen anstellten und die von späteren Forschern an Säugethieren, Fröschen und Fischen fortgesetzt wurden, suchten im Einzelnen darzulegen, wie die verschiedenen Stücke des Gehirns und des Rückenmarkes die Bewegungen des Herzens, des Nahrungskanales, der Harn- und der Geschlechtswerkzeuge bestimmen können.

4433 Stellen wir die Ergebnisse, welche diese an den genannten Haussäugethieren gemachten Erfahrungen bis jetzt geliefert haben, übersichtlich zusammen, so erhalten wir:

Brust- oder Baucheingeweide.	Hirngebilde, welche die Bewegung des genannten Theiles in eben getödteten Säugethieren bestimmen können.
Herz.	Oberer (und mittlerer) Theil des Rückenmarkes. Verlängertes Mark. (Tiefe unter den Vierhügeln liegende Masse. Streifen- und zum Theil Sehhügel. Balken, Gewölbe und Dach der Seitenhöhlen des großen Gehirns.)
Magen und dünne Gedärme.	Oberer und mittlerer Theil des Rückenmarkes. Verlängertes Mark. Kleines Gehirn. Großhirnschenkel. Seh- und Streifenhügel.
Dicke Gedärme. Mastdarm und Harnblase.	Rückenmark. Verlängertes Mark. Halbkugeln des kleinen Gehirns. Großhirnschenkel. Streifen- und Sehhügel. (Großhirnhemisphären).
Harnleiter.	Hals- und Brusttheil des Rückenmarkes. Verlängertes Mark. Rechter Sehhügel. (Rechte Halbkugel des kleinen Gehirns.)
Samenausführungsgänge und Eileiter.	Rückenmark. Verlängertes Mark. Kleines Gehirn.

Die in Parenthese eingeschlossenen Gebilde übten einen weniger beständigen oder einen minder auffallenden Einfluß auf die Bewegungsverhältnisse des entsprechenden Theiles aus. Die neueren Versuche, die ich mit Hilfe des Magnetelektromotors an jungen Kaninchen anstellte, haben alle in dieser Beziehung mit einfacheren Reizmitteln gewonnenen Thatsachen, wie ich sie früher beobachtet hatte, bestättigt und die den Harnleiter betreffenden Erscheinungen hinzugefügt.

[1]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft I. Frankfurt 1841. 8. S. 124 — 64. u. Heft II. 1842. 8. S. 1 — 36. 81 — 83.
[2]) Repertorium. Bd. VI. S. 325 u. 359.

Wir wollen die hier in Betracht kommenden Punkte den einzelnen Thierklassen nach durchgehen:

1) Säugethiere. — Manche Forscher [1]) stellten früher die Richtigkeit der erwähnten Thatsachen oder die wechselseitige Beziehung der Reizung der nervösen Centraltheile und der Bewegungen der Eingeweide in Abrede, weil diese Wirkungen häufig ausbleiben und in anderen Fällen ohne sichtbare äußere Veranlassung auftreten. Den Hauptgrund des Widerspruches aber bildete der Glaube, daß der sympathische Nerv ein vollkommen selbständiges Nervensystem darstellt und daß daher die von ihm versorgten Brust- und Baucheingeweide von dem Gehirn und dem Rückenmarke nicht abhängen könnten. Diese Auffassungsweise nöthigte auch später, als man die Thatsachen selbst zugeben mußte, zu eigenthümlichen Deutungen [2]), auf die wir in der allgemeinen Betrachtung der Nervenwirkungen zurückkommen werden (vgl. §. 2391).

Was nun zuerst die Unsicherheit der Erfahrungen betrifft, so haben wir schon früher (§. 2406 fgg.) gesehen, daß hier die Reizbarkeitsverhältnisse der Muskelmassen eine Hauptrolle übernehmen. Es ist mir in Hunden, Kaninchen und Tauben vorgekommen, daß noch die heftigsten Starrkrämpfe des Rumpfes und der Glieder auftraten, wenn ich den Strom des Magnetelektromotors längere Zeit nach dem Tode durch das Rückenmark leitete, daß aber der Nahrungskanal, die Harnblase und die Geschlechtswerkzeuge keine Veränderung mehr darboten. Der umgekehrte Fall ereignet sich in jungen Kaninchen, die man durch Erstickung getödtet hat und die mithin unter Krämpfen gestorben sind, bei weitem häufiger. Prüft man auch den Leichnam unmittelbar nach den letzten Athemzügen, so findet man in manchen Fällen, daß die rothen Körpermuskeln keine Spur von Zuckungen darbieten, man mag das Gehirn oder einige Zeit darauf das Rückenmark ansprechen. Es zeigt sich in anderen Fällen, daß die rothen freien Körpermuskeln ein paar Bewegungen in den ersten Minuten machen, später dagegen vollkommen ruhig bleiben. Die Brust- und die Baucheingeweide bewahren dagegen ihre Empfänglichkeit mit einer so großen Zähigkeit, daß man die Versuche eine halbe Stunde und noch länger fortsetzen kann.

Bleiben die Rumpf- und die Gliedermuskeln nach der Reizung des Rückenmarkes unbeweglich, so werden wir hieraus nicht schließen, daß dieses Nervengebilde die Verkürzungen jener Theile nicht beherrscht. Wir werden vielmehr den unglücklichen Erfolg dem Mangel an Empfänglichkeit zuschreiben. Es versteht sich von selbst, daß wir nicht berechtigt sind, einen anderen Maaßstab an die negativen Erfahrungen, die man in Ausnahmsfällen an den Eingeweiden macht, anzulegen.

Das Erkalten und die oberflächliche Vertrocknung der Theile bilden übrigens häufig zwei in die Augen fallende Ursachen, weshalb die Bewegungen des Nahrungskanales früher still stehen. Legt man z. B. den Dickdarm der jungen Kaninchen auf eine kühle Glasplatte, so schwindet die Reizbarkeit früher, als wenn er in der Unterleibshöhle bleibt. Befeuchtet man die Oberflächen mit warmem Wasser, so verlängert man häufig die Dauer der Empfänglichkeit in sichtlicher Weise.

Ist das Herz bei der Eröffnung der Brusthöhle angeschnitten worden oder überläßt man es sich selbst nach dem Ableben des Thieres, so hört es nach kurzer Zeit zu klopfen auf. Es schlägt sogar oft gar nicht mehr fort. Leitet man dagegen die künstliche Athmung ein und hört nur mit dem Lufteinblasen während der Versuchszeiten selbst auf, so kann man die Beobachtungen die längste Zeit fortsetzen. Ich habe z. B. auf diese Weise die Abhängigkeit der Herzbewegungen von den Einflüssen des Nervensystems $^3/_4$ bis 1 Stunde lang in jungen Kaninchen zu prüfen vermocht.

Was die Todesart betrifft, so übt sie ebenfalls einen bedeutenden Einfluß aus. Ich erhielt verhältnißmäßig die günstigsten Ergebnisse, wenn ich Hunde mit einem Stricke erwürgen ließ, oder den Kaninchen ein Rohr in die Luftröhre einband und durch den Verschluß von jenem die Erstickung herbeiführte. Sind hierbei die rothen Körpermuskeln

---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1842. 8. S. 372 fgg. u. in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig 1845. 8. S. 592 Band II. S. 504. 505. 612. R. Wagner's Lehrbuch der Physiologie. Zweite Auflage. Leipzig 1843. 8. Seite 511.

[2]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. Seite 423 fgg.

in heftige Krämpfe in den letzten Lebensaugenblicken verfallen, so scheint auch ihre Empfänglichkeit früher zu schwinden.

Man hat ferner eingewendet, daß die Eingeweide von dem Rückenmarke, dem verlängerten Marke und von vielen Punkten des großen und des kleinen Gehirns, mithin von fast allen Gegenden des centralen Nervensystems angeregt werden könnten. Dieses deute schon darauf hin, daß hier keine so einfachen Verhältnisse, wie in den freien Körpermuskeln Statt finden [1]). Das Gleiche kehrt aber für die Muskeln des Rumpfes, der Glieder, für das Zwerchfell und andere Organe ebenfalls wieder. Es ist daher nicht gerechtfertigt, wenn man einen ungleichen Maaßstab in beiden Fällen zu Hilfe zieht. Daß ein großer Theil der übrigen scheinbaren Unterschiede in den Eigenthümlichkeiten der einfachen und der quergestreiften Muskelfasern liege, ist schon §. 2379 fgg. erläutert worden.

Wir wollen nun die verschiedenen Eingeweide der Reihe nach durchgehen, um den Sicherheitsgrad, mit dem ihre Abhängigkeit von den Centraltheilen des Nervensystems bestimmt zu werden vermag, kennen zu lernen.

Das Herz zeigt hier die Wechselfälle, die wir schon S. 426. erwähnt haben. Man erhält die zuverlässigsten Erfahrungen, wenn es unter dem Einflusse des Magnetelektromotors still steht und seine Bewegungen später nach dem Aufhören der Reizung oder bei zu lange fortgesetzter Galvanisirung während derselben beginnen, oder wenn es vorher ruhig war, sich unter dem Einflusse eines bestimmten Reizes verkürzt und in der Folge wiederum ruht oder seinen Rhythmus in sehr auffallender Weise ändert. Es ereignet sich dagegen, daß es einen bestimmten Rhythmus nicht aufgiebt, wenn auch die Nervengebilde, die sonst auf seine Muskelmassen wirken, angeregt werden. Ich habe in dieser Beziehung glücklichere Ergebnisse erlangen können, wenn ich die Bewegungsverhältnisse auf Nebenwegen geändert hatte. Es klopften z. B. nur die Vorkammern eines jungen Kaninchens. Stach ich die Dräthe des Magnetelektromotors zu beiden Seiten des verlängerten Markes ein, so blieb der Versuch völlig erfolglos. Legte ich sie nun an die Querfurche des Herzens, so zog sich auch die rechte Kammer zusammen. Eine Verkürzung von dieser kam jetzt zu wiederholten Malen auf 6 bis 8 Verengerungen der rechten Vorkammer. Wurde hierauf der Versuch an dem verlängerten Marke in der früheren Weise wiederholt, so beschleunigte sich der Herzschlag und es folgte eine Kammerzusammenziehung auf 1 bis 3 Verkürzungen der Vorkammer.

Beobachtet man frühzeitig genug, so kann man in Kaninchen den ähnlichen Stillstand des Herzens, wie im Frosche (§. 4338) erhalten, sobald man den galvanischen Strom durch das verlängerte Mark leitet. Die Vorkammer wird oft hierbei strotzend mit Blut gefüllt und eben so, wie es scheint, die Kammer. Ich sah jedoch hier bis jetzt nicht jenen hohen Grad der Röthe und Ausdehnung, welcher an den Vorkammern des lebenden Thieres auffällt, sei es, daß die Wirkung schwächer blieb, die Vorkammern zu dick und undurchsichtig waren oder daß die Eröffnung des Schädels und der Brusthöhle zu viel Blut gekostet hatte. Es fiel mir ein Mal auf, daß sich die rechte Kranzschlagader und ihre nächsten Verzweigungen merklich gefüllt hatten. Aehnliche Versuche, die ich an Mäusen anstellte, werden uns noch in der Folge beschäftigen. Arbeitet man unter minder günstigen Bedingungen, so kann die Reizung des verlängerten Markes eine Reihe von Zwischenstufen zwischen dem Stillstande und der Beschleunigung der Herzbewegungen vorführen. Prüfte ich z. B. die Verhältnisse einige Minuten nach dem Erstickungstode eines jungen Kaninchens, so standen die Kammern völlig still, während die Vorkammern langsam fortklopften. Wiederholte ich den Versuch einige Zeit später, so erhielt ich das gleiche Ergebniß in dem ersten Augenblicke. Die Kammern fingen aber schon wenige Secunden darauf von Neuem zu schlagen an. Es kam eine Ventrikelzusammenziehung auf 6 bis 7 Vorkammerverkürzungen. Wurden die Dräthe nach einiger Zeit abermals angelegt, so wechselten die Schläge in der Vorkammer und der Kammer ab. Spätere Beobachtungen führten in Einzelfällen zu Beschleunigung des Herzschlages, während andere Versuche völlig erfolglos blieben.

Stach ich die 1 bis 2 Millimeter von einander entfernten Dräthe in die obere Fläche des verlängerten Markes, so erhielt ich bisweilen keine Wirkung. Diese verrieth sich dagegen auf das Sichtlichste, wenn ich die Elektroden in die Seitentheile oder in die Un-

[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 505.

terfläche in der Nachbarschaft der Nervenwurzeln des 10. und 11. Paares an demselben Präparate eingesenkt hatte.

Man muß sich übrigens vor der feuchten Durchleitung des galvanischen Stromes vorzüglich in Kaninchen in Acht nehmen. Ist der Magnetelektromotor stark geladen, so kann das ausgeschnittene und wieder an seinen Platz gelegte verlängerte Mark ähnlich wie das unversehrte wirken, weil sich die Anregung den Vagusaccessoriuswurzeln mittheilt. Ich erhielt sogar eine sichtliche Beschleunigung oder eine vorher nicht bemerkte Kammerzusammenziehung, wenn ich nur die Dräthe genähert, die Theile selbst aber nicht berührt hatte.

Es kam mir in keinem Falle vor, daß das Herz völlig stillstand, so wie ich die Dräthe des Magnetelektromotors an irgend einen Hirntheil oder an das Rückenmark nach Entfernung des verlängerten Markes angelegt hatte. Senkte ich sie in die Innentheile der linken Großhirnhemisphäre eines wenige Augenblicke vorher erstickten Kaninchens, so klopfte das Herz in einem Falle auf mühsame Weise. Die übrigen S. 462. angeführten Theile und der Hals- oder der Brusttheil des Rückenmarkes führten hin und wieder zu den Merkmalen der Beschleunigung. Die Gefahr der feuchten Durchleitung ist aber vorzüglich am Rückenmarke so groß, daß man in dieser Hinsicht nicht zweifelhaft genug sein kann.

Einige entscheidende Beispiele mögen den Einfluß des Rückenmarkes klarer vor Augen führen. Ich hatte ein junges Albinokaninchen auf die früher geschilderte Weise getödtet und den Kopf in dem Gelenke des Hinterhauptes mit dem ersten Halswirbel losgeschnitten. Die künstliche Athmung wirkte dann nach der Entfernung des verlängerten Markes minder kraftvoll. Wurden die kaum 1 Mm. gegenseitig entfernten Dräthe des mäßig geladenen Magnetelektromotors in den oberen, an dem ersten Halswirbel befindlichen Querschnitt des centralen Nervensystems eingesenkt, so fing das Herz, das vorher ruhig lag, zu klopfen an. Ich legte nun das Rückenmark von dem ersten Hals- bis zu dem achten Brustwirbel bloß. Stach ich die Dräthe in das Rückenmark in der Gegend des fünften Halswirbels oder in der des zweiten Brustwirbels ein, so beschleunigte sich der Herzschlag in unzweifelhafter Weise. Wartete ich, bis sich nur die Vorkammer, nicht aber die Kammern zusammenzogen, so rief jene Reizung eine Verkürzung des sichtbaren Theiles der Ventrikel auf der Stelle hervor. Schnitt ich das Rückenmark aus und legte es wieder an den Platz, so blieb der Erfolg der gleiche, weil noch die Nervenwurzeln angesprochen wurden. Nahm ich dann das Herz heraus und brachte es in die frühere Lage, so hörte alle Wirkung auf. Berührte ich dagegen die aufsteigende Aorta in einer Entfernung von etwa ¾ Centimeter vom Herzen, so zogen sich die Vorkammern und die Kammern, die vorher geruht hatten, auf der Stelle zusammen.

Ein zweiter Versuch fiel noch lehrreicher aus. Ich hatte unmittelbar nach dem Tode die Speiseröhre mit den Vagusstämmen dicht über dem Zwerchfell und alle Weichgebilde des Halses in der Gegend des ersten bis zweiten Halswirbels durchschnitten. Legte ich die 1 Mm. entfernten Dräthe an das Rückenmark in der Höhe des vierten bis sechsten Halswirbels, so gaben sich die früher erwähnten Wirkungen für das Herz auf das Deutlichste zu wiederholten Malen zu erkennen. Die Muskeln des rechten Vorderbeines, der unteren Gegend des Halses und der oberen der Brust zitterten zugleich auf das Lebhafteste. Schnitt ich das Herz aus, legte es an seinen früheren Ort und wiederholte den Versuch, so ließ sich keine Spur von Wirkung in dem Herzen wahrnehmen, während die erwähnten Körpermuskeln in vier Versuchen wie vorher antworteten. Brachte ich die Dräthe an die Aorta 1 Centimeter von dem Herzen entfernt, so klopfte dieses mit sichtlicher Lebhaftigkeit.

Die Speiseröhre der erstickten Kaninchen pflegt ihre Reizbarkeit sehr lange zu bewahren. Diese erhält sich hier in der Regel besser, als in den freien rothen Körpermuskeln und selbst den Baucheingeweiden und dem Herzen. Die einzelnen Muskelbündel zittern häufig unter dem Einflusse der Luft von selbst fort (§. 2332.). Reizt man das verlängerte Mark mit den Dräthen des Magnetelektromotors, so erhält man starke Längen- und Breiteverkürzungen der Speiseröhre. Wurmförmige Bewegungen, wie sie bei dem Schlingen auftreten, sind mir bis jetzt nicht vorgekommen (§. 2332.).

Ich habe ein Mal bemerkt, daß sich die lebhafte Zusammenziehung der Speiseröhre eines Kaninchens bis zu den Ausstrahlungsfasern an der Cardia erstreckte, daß aber der Magen selbst keine Bewegungen machte. Es ereignete sich dage-

gen häufig, daß die Wirkungen in der Speiseröhre und dem Magen gleichzeitig auftraten oder binnen Kurzem auf einander folgten. Da nun die Erscheinungen, die der Magen darbot, möglicher Weise von dem mechanischen Zuge der Speiseröhre herrühren konnten, so schnitt ich diese in anderen Kaninchen unmittelbar nach dem Tode dicht oberhalb des Zwerchfelles mit oder ohne die anliegenden Vagusstämme durch.

Wird die künstliche Athmung eingeleitet, so droht eine andere Klippe. Hat man die Lungen unverletzt gelassen (und nicht mit Nadeln an vielen Punkten durchstochen) (Bd. I. §. 1187), so dehnen sie sich bei dem Lufteinblasen so bedeutend aus, daß sie das Zwerchfell vor sich hertreiben, den Magen zu verrücken suchen und nicht selten lebhafte Bewegungen desselben durch diesen mechanischen Reiz anregen. Man muß daher die künstliche Athmung unterbrechen und sich früher von der völligen Ruhe des Magens überzeugt haben, ehe man die Centraltheile mit den Drähten des Magnetelektromotors angreift.

Ich entfernte das große und das kleine Gehirn einer durch Erhenken getödteten Hündin, so daß der Hauptschnitt die Gegend der Brücke durchsetzte. Senkte ich nun die Drähte des Magnetelektromotors in die Schnittfläche ein, so bildeten sich fingerbreite, von den kleinen nach der großen Curvatur gerichtete Furchen in dem schon vor der Abtragung des Gehirns bloßgelegten Magen, der sich vorher völlig ruhig verhalten hatte. Ließ man den Magnetelektromotor einige Zeit durchschlagen, so erzeugte sich eine sehr lebhafte peristaltische Bewegung nach dem Pförtner. Entfernte man die Drähte, wartete, bis Alles ruhig war und wiederholte die frühere Reizung, so kehrten auch die Einschnürungen (und zwar nicht immer an den gleichen Stellen) und die Wurmbewegungen wieder. Diese Beobachtung ließ sich im Ganzen vier Mal mit demselben Erfolge wiederholen.

Legte ich die Leitungsdrähte an die Seitenflächen des verlängerten Markes junger Kaninchen, so erhielt ich häufig tiefe Furchen, Wurmbewegung oder oberflächliche Kräuselungen nach Maaßgabe der Empfänglichkeitsverhältnisse (S. 427). Die peristaltische Bewegung trat an der Pförtnerhälfte des gefüllten Magens hervor. Sie fehlte nicht, wenn selbst die herumschweifenden Nerven mit der Speiseröhre durchschnitten waren. Wurde die Beobachtung einige Zeit später an demselben Thiere wiederholt, so bildeten sich Kräuselungen in der Magenhaut. Hatte ich das verlängerte Mark in einem anderen Kaninchen entfernt, und stach die 1 bis 2 Mm. wechselseitig abstehenden Drähte in das Halsmark ein, so erzeugten sich Runzelungen an dem Blindsacke und Einschnürungen an dem Pförtnertheile des Magens. Setzte ich die Elektroden in den rechten, den linken gestreiften Körper oder in die eine der beiden Hemisphären des großen Gehirns anderer Kaninchen, so erhielt ich Einschnürungen oder Wurmbewegung im Magen. Dieser beantwortete auch mechanische Verletzungen des kleinen Gehirns und der Sehhügel in früheren Versuchen. Die eben genannten Theile wirkten aber noch lebhafter auf die dünnen Därme.

Oeffnet man die Unterleibshöhle eines frisch getödteten Kaninchens, so führt der Reiz der Luft zu sehr lebhaften Wurmbewegungen der dünnen Gedärme, die sich immer weiter verbreiten, sich oft an früheren Stellen wiederholen und in der Regel sehr lange anhalten. Die dicken Gedärme werden bisweilen, jedoch im Ganzen seltener ebenfalls unruhig. Der Magen bietet die gleichen Erscheinungen in den wenigsten Fällen dar. Hat man das Thier unsanft umgewendet oder eine Stelle des Magens, des dünnen oder des dicken Darmes bei der Trennung der Bauchdecken zusammengedrückt oder gestoßen, so finden sich die Bewegungen sehr leicht ein. Man kann die Wirkungen der Luft vermeiden, wenn man die Bauchmuskeln ohne Verletzung des Bauchfells in einer größeren Strecke bloßlegt und die durchschimmernden Gedärme auf diese Weise zur Anschauung bringt. Hat man aber die geringste Oeffnung im Bauchfelle gemacht, die darunter liegenden Eingeweide mit der Pincette gefaßt oder sich überhaupt eine Erschütterung zu Schulden kommen lassen, so beginnt in der Regel die Wurmbewegung, die man der Reinheit des Versuches wegen zu vermeiden suchte. Eine lebhafte Peristaltik des Pförtnertheils des Magens kann sich ebenfalls auf den Zwölffingerdarm und den Dünndarm fortpflanzen.

Ich ließ die künstliche Athmung in einem frisch getödteten Meerschweinchen einleiten und trennte dann mit Muße die Bauchmuskeln so los, daß die dünnen Gedärme durch das unversehrt gebliebene Bauchfell durchschimmerten. Nun wurde das kleine Gehirn frei gemacht. Die Eingeweide blieben vollkommen ruhig. Stach ich aber in die Halbkugeln und vorzüglich in den Wurm des kleinen Gehirns mit einem Messer ein, so entstand auf der Stelle ein wahrer Sturm von peristaltischen Bewegungen in den dünnen Gedärmen.

Noch besser gelang dieser Versuch an vier jüngeren Katzen. Ich machte hier z. B. das Gehirn des durch Erstickung getödteten Thieres zuerst frei, löste dann einen Theil der linken schiefen Bauchmuskeln los und hob hierauf den linken geraden Bauchmuskel mit einem Skalpellstiele vorsichtig ab, um ihn zuletzt gänzlich zu entfernen. Ich konnte auf diese Weise eine Strecke des Bauchfelles neben der weißen Linie ohne die geringste Verletzung bloßlegen. Der durchschimmernde Theil des Dünndarmes zeigte keine Spur von Bewegung. Wurden die Großhirnschenkel oder das kleine Gehirn gereizt, so fand sich die Peristaltik auf der Stelle ein. Die Ruhe trat wieder einige Zeit darauf hervor. Ich wiederholte die Reizung von Neuem und die Wurmbewegung kehrte zum zweiten Male wieder. Diese Beobachtung ließ sich in glücklichen Fällen an einem und demselben Thiere oft anstellen. Die Verkürzung folgte der Reizung der centralen Nervengebilde eben so rasch, als in freien rothen Muskeln nach (§. 2377.).

Wählt man Thiere, in denen die Luft minder lebhafte Wurmbewegungen hervorruft (wozu sich in der Regel Hunde und Katzen besser als Kaninchen eignen), so kann man sich bei völlig geöffnetem Unterleibe häufig überzeugen, daß die Reizung der S. 462. genannten Centraltheile die schon vorhandene Wurmbewegung lebhafter macht oder den ruhenden Dünndarm in Thätigkeit versetzt. Der Gebrauch des Magnetelektromotors bestättigt auch hier, was einfachere mechanische, chemische oder galvanische Reize früher lehrten.

Wir haben §. 4343 gesehen, daß die Anregung eines der beiden Halsstämme des herumschweifenden Nerven Wurmbewegungen der dünnen Gedärme zur Folge zu haben vermag. Da sich nun die Verkürzung von diesen, wenn sie einmal an einem Orte eingeleitet worden, von Stelle zu Stelle fortpflanzt (§. 2385), so könnte man auf den Gedanken kommen, daß der herumschweifende Nerv, wenn er durch die Reizung der Hirntheile in Thätigkeit versetzt wird, einen einzelnen Punkt bewegt, und daß das Uebrige nur eine Nebenfolge dieser Wirkung darstellt. Bedenken wir aber, daß der gesonderte Halstheil und der obere Brusttheil des Rückenmarkes enthaupteter Thiere die Wurmbewegung der dünnen Gedärme hervorzurufen im Stande ist, so verliert schon jene Ansicht ihre Grundlage. Eine andere Versuchsweise kann sie ebenfalls entkräftigen.

Hatte ich den linken herumschweifenden Nerven eines jungen Kaninchens oberhalb seines zweiten Knotens ausgerissen und den rechten in der Mitte des Halses durchschnitten, so erhielt ich dessenungeachtet die lebhafteste Wurmbewegung der durch das unverletzte Bauchfell hindurchschimmernden dünnen Gedärme, so wie ich die feinen Dräthe des Magnetelektromotors in das kleine Gehirn gegen das verlängerte Mark hin einstieß. Die gleiche Reizung des verlängerten Markes führte zu demselben Ergebnisse in einem zweiten Kaninchen, dessen Speiseröhre dicht oberhalb des Zwerchfelles mit den anliegenden Vagusstämmen losgetrennt worden war.

Man kann sich häufig überzeugen, daß der Einfluß des Rückenmarkes die Wurmbewegung der dünnen Gedärme lebhafter macht. Ich will daher nur einen Versuch, der ein eigenthümliches Verhalten in dieser Hinsicht darbot, ausführlicher erwähnen. Ich hatte den Kopf des Kaninchens unmittelbar nach dem Tode abgeschnitten und das Rückenmark bis zu dem untersten Brusttheile bloßgelegt. Stach ich die dünnen, ungefähr 1 Mm. wechselseitig entfernten Dräthe des Magnetelektromotors in das Rückenmark in der Gegend des zweiten Brustwirbels, so bewegte sich nicht nur der Dünndarm, der bisher ziemlich ruhig war, auf das Lebhafteste, sondern es bildeten sich zahlreiche blasige Auftreibungen, die durch verengte cylindrische Stellen wechselseitig getrennt waren, wie sie §. 2407 aus dem Nahrungskanale des Frosches beschrieben worden. Hörte die Wirkung des Magnetelektromotors auf, so wurde auch der Darm binnen Kurzem cylindrisch. Die Wurmbewegung dauerte dagegen mit immer abnehmender Heftigkeit für längere Zeit fort.

Die dicken Gedärme führen insofern zu entscheidenderen Ergebnissen, als sie häufig trotz des Einflusses der Luft ruhig bleiben und erst in Folge der Nervenreizung in Thätigkeit gerathen. Sie bieten dafür einen anderen Nachtheil dar. Ihre Empfänglichkeit leidet eher unter dem Einflusse des Erkaltens, als die der dünnen Gedärme. Dieses gilt vorzugsweise von jungen Kaninchen, weniger schon von vielen Hunden, Katzen und Pferden. Es gehört nicht zu den Seltenheiten, daß die Dickdarmbewegungen schon nach dem einfachen, mechanischen oder chemischen Anspruche der S. 462. angeführten Theile auftreten. Die entscheidensten Versuche liefern diejenigen Fälle, in denen alle übrigen Abschnitte des Nahrungskanals vorher und nachher ruhten. Dieses war z. B. in einem

Hunde, in dem ich das große, das kleine Gehirn und das verlängerte Mark entfernt hatte, der Fall. Berührte ich nun den obersten Theil des Rückenmarkes mit den Drähten des Magnetelektromotors, so entstand eine lebhafte Wurmbewegung an der Uebergangsstelle des Grimmdarmes in den Mastdarm. Die übrigen Eingeweide und die freien Körpermuskeln dagegen blieben vollkommen ruhig.

Budge [1]) giebt an, daß man keine Bewegungen des Blinddarmes der Kaninchen nach der Trennung der beiden Vagusstämme von dem verlängerten Marke aus anzuregen vermag. Ich bin nicht im Stande, dieser Ansicht beizutreten. Hatte ich die Speiseröhre mit den anliegenden herumschweifenden Nerven durchschnitten, so blieben deshalb die Erfolge, welche der Anspruch des verlängerten Markes oder des Streifen- und Sehhügels nach sich zogen, nicht aus. Ich hatte die Speiseröhre mit den Vagusstämmen und überdies die Halstheile der herumschweifenden Nerven in einem Falle unmittelbar nach dem Tode getrennt. Stach ich die Drähte des Magnetelektromotors, so wie ich den Schädel geöffnet, in den Mitteltheil des kleinen Gehirns, so geriethen der Blinddarm und der Dickdarm, die bisher völlig geruht hatten, in die lebhafteste Wurmbewegung.

Der Mastdarm bietet sehr günstige Bedingungen in vielen Fällen dar. Seine Empfänglichkeit erhält sich häufig längere Zeit. Die Bewegungen fallen oft sehr ergiebig aus. Sie bestehen in einer merklichen Peristaltik, die nicht selten die Kothballen der Kaninchen sichtlich forttreibt oder auch nur über sie hinweggeht, in einem auf- und abgehenden Stoßen oder in beiden Verhältnissen zugleich. Schreitet man erst zur Untersuchung des Rückenmarkes, nachdem man sich lange Zeit mit der Prüfung der übrigen Hirngebilde aufgehalten hat, so ist nicht selten der Mastdarm der einzige Theil, der den Anspruch des Magnetelektromotors mit lebhaften Verkürzungen beantwortet.

Die Harnblase wechselt in ihrem Verhalten in hohem Grade. Ist sie auch mit Urin gefüllt, so entleert sie diesen in einzelnen Thieren nur theilweise oder gar nicht, man mag die Beobachtungen noch so oft an den verschiedensten Stellen des centralen Nervensystems wiederholen. Es kam mir hierbei vor, daß die Blase in einzelnen Fällen verschlossen blieb und daß es eines beträchtlichen Druckes bedurfte, um den Urin künstlich herauszutreiben. Es ereignete sich dagegen in anderen, daß sich die Wandungen der Blase trotz der verschiedensten Reizungen der Centraltheile ruhig verhalten hatten und kein Tropfen Urin entleert worden war. Es bedurfte aber nur des leisesten Druckes, damit die Flüssigkeit in einem Strahle zur Harnröhre hervortrat, zum Beweise, daß hier ein weit lockerer Verschluß von vorn herein vorhanden war oder daß die Schließmuskeln der Blase im Laufe der Beobachtungszeit nachgegeben hatten. Andere Thiere führen zu anderen Störungen. Die Luft oder die geringste mechanische Anregung erzeugt hier lebhafte Bewegungen in den Blasenwänden. Das Wühlen dauert noch nach dem Aufhören des Reizes lange fort. Hat man aber ein Thier, in dem keine der genannten Möglichkeiten hindernd eingreift, so kann man sich durch einfache Reize oder mit Hilfe des Magnetelektromotors leicht überzeugen, wie sehr die Bewegungen der Blase von den S. 462. genannten Gebilden bestimmt zu werden vermögen.

Was den Harnleiter betrifft, so haben mich erst die mit dem Maanetelektromotor angestellten Versuche auf die hier in Betracht kommenden Thatsachen aufmerksam gemacht. Ludwig [2]) hat im Meerschweinchen bemerkt, daß sich der Harnleiter durch den Reiz der Luft zusammenzog und daß diese Bewegungen nach bestimmten Pausen von selbst wiederkehrten. Ich sah etwas Aehnliches in selteneren Fällen in jungen Kaninchen. Der Harnleiter verengte sich aber dann langsam und in sehr geringem Grade. Diese Erscheinung kann mit den Folgen, welche die elektrische Erregung der Centraltheile des Nervensystems bedingt, nicht im Entferntesten verwechselt werden. Es eilt nämlich dann eine große und kräftige Welle längs des Harnleiters von dem Nierenbecken nach der Blase hinab. Sie kann diese erreichen oder auch schon früher verschwinden. Der Harnleiter macht eine starke Schlangenbiegung, die im Augenblicke hinabgeht. Er verhält sich dagegen vor und nach dem Versuche vollkommen ruhig. Da er im Kaninchen am Einfachsten an der linken Seite freigelegt wird, indem man die Eingeweide nach rechts hin-

---

[1]) Budge, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abtheilung 1. Braunschweig 1848. 8. S. 422.

[2]) Ludwig, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Leipzig 1845. 8. Seite 639.

überschlägt, so habe ich auch die meisten Beobachtungen nur an dem linken Harnleiter und nicht an dem in der Nachbarschaft der großen Gefäße verlaufenden Ausführungsgange der rechten höher gelegenen Niere angestellt. Ich fand jedoch auch z. B., daß dieser seine kräftige Welle bildete, sowie ich die Grenze des verlängerten Markes und des Rückenmarkes an dem hinteren Ende des vierten Ventrikels ansprach.

Es gehört keineswegs zu den Seltenheiten, daß sich der linke Harnleiter ein- bis dreimonatlicher Kaninchen durch die Reizung des Rückenmarkes, des verlängerten Markes, des kleinen Gehirns oder des Sehhügels bewegt. Von acht Thieren, in denen ich diese Erscheinung ins Auge faßte, lieferten drei die Wellen des linken Harnleiters nach der Erregung des verlängerten Markes, eins nach der des kleinen Gehirns und eins nach der des rechten Sehhügels, eins endlich ergab die Wellen für beide Harnleiter, wenn man die Grenze des verlängerten Markes und des Rückenmarkes oder dieses in der Gegend des sechsten Brustwirbels ansprach. Nur zwei führten zu gar keinem positiven Ergebnisse. Man kann die Beobachtung unter günstigen Verhältnissen an einem und demselben Geschöpfe mehrere Male wiederholen. Ich hatte z. B. die Dräthe des Magnetelektromotors zu beiden Seiten des verlängerten Markes angelegt. Der Harnleiter trieb eine kräftige Welle nach abwärts und blieb dann vollkommen ruhig, als die elektrische Reizung unterdeß aufgehoben worden war. Wurde sie wiederholt, so ging eine starke Welle von Neuem nach abwärts. Dieser Versuch ließ sich dreimal hintereinander mit dem gleichen Erfolge anstellen. Wenn ich aber den Harnleiter selbst in den meisten dieser Versuche unmittelbar nach dem glücklichen Erfolge mit den Dräthen berührte, so erhielt ich keine Wellenbewegung. Ich muß überdies noch bemerken, daß die benachbarten Muskeln ruhig blieben, wenn jene in Folge der Nervenreizung zu Stande kam.

Die Wellen des Harnleiters treten wiederum im Augenblicke der Reizung und nicht nach einer irgend auffallenden Zwischenzeit hervor. Sie scheinen eine Verkürzung der Blase unter günstigen Verhältnissen nach sich ziehen zu können. Es kam mir wenigstens ein Mal vor, daß die Harnblase während der Dauer der elektrischen Einwirkung keine Veränderung darbot, daß aber die wühlenden Bewegungen später, nachdem die Harnleiterwelle hinabgeeilt war, anfingen.

So leicht der Harnleiter in Thätigkeit versetzt wird, so hartnäckig widerstehen die Gallenblase und der Gallenausführungsgang (§. 2434). Ich faßte diese Gebilde in fünf jungen Kaninchen theils unmittelbar nach dem Tode, theils später ins Auge, ohne je irgend eine Spur von Wirkung eines Centraltheils des Nervensystems mittelst des Magnetelektromotors erreichen zu können. Budge [1]) bemerkte in einem Falle in der Katze, daß der Gallengang nach der einfachen Reizung des linken Streifenhügels auf- und abging.

Will man sich von den Erscheinungen, welche der Samenleiter, die Eileiter und die Gebärmutter darbieten, überzeugen, so muß man ältere Thiere wählen. Junge führen hier fast nie zum Ziele. Der Samenleiter bildet rasch dahin eilende Wellen. Die Eileiter und die Gebärmutter liefern eine Wurmbewegung, welche mit der des Dünndarmes in hohem Grade übereinstimmt. Zermalmt man das Rückenmark von Meerschweinchen, so kann man Samenergießung, der häufig keine merkliche Umfangsveränderung des Gliedes vorangeht, erhalten [2]).

Man findet bisweilen, daß sich die Kreuzungswirkungen der Hintertheile für die zu solchen Untersuchungen geeigneten Stücke der Baucheingeweide wiederholen. Der rechte Sehhügel wirkte in einzelnen Versuchen auf den linken Harnleiter, und die rechte Halbkugel des kleinen Gehirns auf den linken Samen- oder den linken Eileiter. Man kann jedoch auch das Entgegengesetzte beobachten. Es kam mir z. B. in einem Kaninchen vor, daß sich der rechte Samenleiter bewegte, so wie ich die rechte, und der linke, so wie ich die linke Halbkugel des kleinen Gehirns ansprach. Diese Erscheinungen ließen sich mehrere Male mit dem gleichen Erfolge wiederholen. Trennte ich den Wurm in zwei Hälften, so bewegten sich beide Eileiter oder nur einer von ihnen. Die Gebärmutter zeigt in der Regel eine größere Trägheit, als die Falloppischen Röhren.

Da die Reizung des Rückenmarkes geköpfter Säugethiere die Bewegungen der Ein-

[1]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. S. 35.

[2]) Ségalas, in dem Bulletin de l'Académie de médicine. Tome IX. Paris 1844. 8. pag. 1124.

geweide hervorrufen kann, so folgt schon von selbst, daß die Bahnen, auf denen sich die Wirkung fortpflanzt, in den Verbindungsfäden, die sich zwischen dem Rückenmarke und dem Grenzstrange des sympathischen Nerven hinziehen, liegen müssen. Die Versuchsreihe, mit der ich meine über diesen Gegenstand vorgenommenen Prüfungen begann erhärtete das Gleiche auch unmittelbar. Ich griff die Rückenmarkswurzeln theils unmittelbar, theils mittelst des S. 362 Fig. 343 c. abgebildeten größeren Neurotoms an. Faßte ich nun die Ergebnisse der positiven Erfahrungen, die ich an einer ausgedehnten Reihe frisch getödteter Säugethiere (Pferd, Schaaf, Kaninchen, Meerschweinchen, Hund und Katze) gemacht hatte, zusammen, so schloß ich, daß die (Vagus-) Accessoriusursprünge und die Wurzeln der obersten Halsnerven auf das Herz, die der untersten Halsnerven und im Schaafe die der obersten Brustnerven auf den Magen, die der Rücken- und Lendennerven auf den Darm, die der Lenden- und der Heiligbeinnerven auf den Harnleiter, die Blase, den Samenleiter, die Eileiter und die Gebärmutter wirken können [1]). Wenn ich die Verkürzungen der Speiseröhre von den (Vagus-) Accessoriuswurzeln und den Halsnerven ableitete, so haben nachfolgende Beobachtungen ergeben, daß dieser Theil des Nahrungskanals nur von den Nervenfäden, die in dem herumschweifenden Nerven verlaufen, bestimmt wird [2]).

Ich suchte später noch auf anderem Wege zu erhärten, daß die tieferen Theile des Rückenmarkes und die hier liegenden Nervenwurzeln die Bahnen liefern, auf denen z.B. die das verlängerte Mark treffenden Anregungen fortgepflanzt werden. Ich legte das Gehirn und das Rückenmark von dem zweiten Brustwirbel bis zum Becken in einem unmittelbar vorher getödteten Kaninchen bloß. Die Blase und der Mastdarm waren indeß in Bewegung gerathen. Hatten sie sich wieder beruhigt, so stach ich ein Messer in die vorderen Vierhügel tief ein. Die Blase zog sich dann sehr stark und der Mastdarm schwach zusammen. Ich durchschnitt hierauf die hinteren Wurzeln der beiden letzten Brust- und der Lendennerven. Stach ich von Neuem in die vorderen Vierhügel, so kehrten die Verkürzungserscheinungen in der Blase und dem Mastdarm wieder. Trug ich hierauf die Halbkugeln und den Wurm des kleinen Gehirns ab, so kamen anhaltende Bewegungen der Blase und ziemlich lebhafte Verkürzungen des Mastdarmes abermals zum Vorschein. Ich wiederholte dann die Versuche noch mehrere Male an den Vierhügeln und deren Unterlagsgebilden mit dem früheren Erfolge. Nun wurde endlich der unterste Theil des Bruststückes und die Lendenabtheilung des Rückenmarkes zerstört. Keine Reizung der Hauben und der Grundtheile der Hirnschenkel war mehr im Stande, Blase und Mastdarm in Bewegung zu setzen. Wir sehen hieraus, daß erst die Verletzung des Rückenmarkes und der an ihm haftenden vorderen Wurzeln, nicht aber die Trennung der hinteren den Einfluß der Hirntheile vernichtete.

Eine andere von Schiff [3]) hervorgehobene Thatsache unterstützt noch die Anschauungsweise, nach der das Gehirn die Zustände der Baucheingeweide in hohem Grade bestimmen kann. Läßt man nämlich Kaninchen, denen man einzelne Hirngebilde zerstört oder durchschnitten hat, fortleben, so findet man oft später in der Leiche, daß das Hirn keine beträchtlichen Ernährungsstörungen darbietet, daß diese dagegen in den Verdauungswerkzeugen in auffallender Weise hervortreten. Waren der Balken und die unter ihm liegenden Gebilde getrennt worden, so erschien eine reichliche Menge einer gelben Flüssigkeit in dem Zwölffingerdarm, dem Dünndarm und bisweilen selbst in dem Magen und dem Dickdarm. Eine ähnliche Masse war auch schon während des Lebens mit dem eingetretenen Durchfalle und, was sonst bei Kaninchen fast nie vorkommt, durch Erbrechen entleert worden [4]). Hatte Schiff [5]) den einen Großhirnschenkel durchschnitten, so wurde der Koth drei bis vier Tage später schleimigter und flüssiger. Er enthielt später Blutmassen. Drückte man auf den Unterleib, so hörte man das Kollern in den Gedärmen. Der Harn wurde allmählig sauer und führte Spuren von Eiweiß. Diese Veränderung

---

[1]) De functionibus nervorum. p. 65.
[2]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1840. S. 506 und 1845. S. 411. 412.
[3]) M. Schiff, De vi motoria baseos encephali. Bockenhemii 1845. 8. pag. 39 fgg. Vergl. auch J. Henle, Handbuch der rationellen Pathologie. Zweite Aufl. Bd. I. Braunschweig 1846. 8. S. 193. 94.
[4]) Repertorium. Bd. VI S. 364.
[5]) Schiff, a. a. O. p. 41 — 44.

des sonst alkalischen Urines bildete ein Zeichen des herannahenden Todes. Die Leichenöffnung lehrte dann, daß einzelne Stellen der Magenschleimhaut dunkel gefärbt und erweicht, manche Stücke des übrigen Nahrungskanales, die Nieren und die Eileiter auffallend geröthet waren. Die Schleimhaut der dünnen Gedärme hatte sich an verschiedenen Punkten erweicht. Geronnene Blutmassen fanden sich hin und wieder in vielen Gekrösgefäßen. War der eine Sehhügel verletzt worden, so beschränkten sich die erwähnten Veränderungen mehr auf den Magen und die oberen Theile der dünnen Gedärme. Die Gefäße der Eileiter waren bisweilen übermäßig angefüllt [1]). Kaninchen und Meerschweinchen, denen der dreigetheilte Nerv in der Schädelhöhle durchschnitten worden war und die den Eingriff acht bis zehn Tage zu überleben pflegten, boten eine auf den Zwölffingerdarm und einzelne Stellen des Krummdarmes beschränkte Darmentzündung als das einzige sichtliche Merkmal dar, aus dem der Eintritt des Todes erklärt werden konnte [2]).

Eine Reihe häufig vorkommender Erscheinungen kann die Einflüsse, welche das centrale Nervensystem auf die Brust- und Baucheingeweide ausübt, deutlich anzeigen. Hierher gehören die Wirkungen der Gemüthsstimmung auf das Herz, die brennenden Empfindungen im Magen, die ungewöhnlichen Gelüste und die Aufblähung der Eingeweide der Hysterischen, das galligte Erbrechen nach Kopfverletzungen, die regelwidrige Wurmbewegung, der Durchfall oder der Stuhlzwang nach Schreck, Aerger oder Kummer, vielleicht auch die Darmverschwärung der Nervenfieberkranken, die heftigen Coliken von Menschen, die an Metallvergiftungen, vorzüglich an Bleivergiftung leiden, der plötzliche Abgang von Harn in nervenschwachen Frauen, die von den Gefühlen des Mitleides oder von Schreck bewältigt werden, die krampfhafte Steifung des männlichen Gliedes und die unwillkührlichen Samenverluste bei Rückenmarksleiden.

Vögel. — Hatte ich eine ältere Taube mit Aether betäubt, das Gehirn bloßgelegt und die Brusthöhle geöffnet, so stand das Herz im Anfange still, so wie ich die 1—2 Mm. gegenseitig entfernten Dräthe des Magnetelektromotors in das verlängerte Mark oder in den Uebergangstheil in das Rückenmark in der Gegend des ersten Halswirbels einsenkte. Wiederholte ich aber die Beobachtungen einige Zeit später, so hob die Elektrisation des verlängerten Markes den Herzschlag nicht mehr auf. Stach ich im Anfange die Dräthe in den Mitteltheil des kleinen Gehirns, so klopfte nur das Herz mühsamer und unregelmäßig fort.

Frösche. — Ed. Weber und Budge haben hier zuerst bemerkt, daß man das Herz zum Stillstand bringen kann, wenn man die Dräthe der Rotationsmaschine zu beiden Seiten des verlängerten Markes anlegt (§. 4338.). Der Versuch gelingt so leicht, daß man ihn wohl kaum an einem lebenden Frosche vergebens anstellen wird. Führt man die elektrischen Schläge zu lange durch, so beginnt das Herz von Neuem zu klopfen. Ist kein bedeutender Blutverlust vorangegangen, so füllt sich das Herz strotzend mit Blut. Hat man dagegen die großen Blutadern vorher durchschnitten, so ruht das Herz ebenfalls. Es erscheint aber nicht, wie sonst, prall gefüllt und dunkelroth, sondern platt und blaß [3]). Arbeitet man unter minder günstigen Verhältnissen an dem passend enthaupteten Thiere, so kann man wiederum Stillstand der Kammern und Thätigkeit der Vorkammern, mühsame Bewegungen einzelner Herztheile, Verzögerung, Beschleunigung oder gar keine auffallende Veränderung des Rhythmus der Herzschläge erhalten.

E. H. und Ed. Weber [4]) schlossen aus ihren Versuchen, daß der Bezirk des centralen Nervensystems, durch den der Stillstand des Froschherzens herbeigeführt wird, von den Vierhügeln bis zum hinteren Ende der Schreibfeder reicht. Budge [5]) sah in einem Falle die Wirkung schon nach dem Anspruche der Großhirnhemisphäre auftreten. Die Vierhügel führen nach ihm zu keinem so plötzlichen Stillstande, als das verlängerte Mark.

---

[1]) Schiff, in Roser und Wunderlich's Vierteljahrsschrift. Stuttgart 1846. 8. Seite 677. 78.

[2]) Schiff, De vi motoria etc. pag. 45.

[3]) Budge, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abtheilung 1. Braunschweig 1848. 8. S. 415. Schiff, in Griesinger's Sechswochenschrift. Bd. VIII. Stuttgart 1849. 8. S. 207 fgg.

[4]) Ed. Weber, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. 2. Braunschweig 1846. 8. S. 44.

[5]) Budge, in Roser und Wunderlich's Vierteljahrsschrift. Bd. V. 1846. 8. S. 586.

Tiedemann [1]) fand endlich, daß nur das verlängerte Mark und das kleine Gehirn, nicht aber die Vierhügel den Herzschlag aufhoben. Die Versuche, die ich an frisch eingefangenen und meist sehr großen grünen Grasfröschen anstellte, führten mich zu Ergebnissen, welche den größten Theil dieser scheinbaren Widersprüche beseitigen dürften.

Fig. 349.

Waren die beiden dünnen Dräthe des Magnetelektromotors nur ¼ bis 1 Mm. wechselseitig entfernt, daß eine fernere Mittheilung des elektrischen Stromes auf diesem Wege beseitigt wurde (S. 404.), so stand das Herz in keinem Falle still, wenn ich die Geruchslappen oder die Hemisphärenlappen (*A* Fig. 349.) angesprochen hatte. Der Bezirk dagegen, der dieses Ergebniß in Einzelfällen lieferte, umfaßte die Sehlappen (zwischen *A* und *B*)., die Vierhügel (*B*), das Rudiment des kleinen Gehirns (*D*) und das ganze verlängerte Mark (*E* und zwar von *D* bis *F*.). War aber das Thier durch den vorangegangenen Blutverlust irgend erschöpft, so zeigten sich hierbei die deutlichsten Unterschiede. Die Sehlappen versagten so leicht, daß es mir sehr wahrscheinlich wurde, daß die Wirkung, wenn sie zu Stande kam, nur von der Durchleitung in die Vierhügel abhing. Diese wirkten aber offenbar schwächer, als das verlängerte Mark und das unmittelbar mit ihm verbundene Kleinhirnrudiment. Es ereignete sich, daß die zuletzt genannten Gebilde den anhaltenden Stillstand des Herzschlages auf der Stelle herbeiführten, während die Vierhügel keine merkliche Veränderung hervorriefen oder höchstens die Zusammenziehungen des Herzens beschleunigten. Es kam in anderen Fällen vor, daß der Herzschlag nur einen Augenblick ruhte oder von vorn herein bloß mühsamer erschien, während der Anspruch des verlängerten Markes unzweifelhaft kräftiger eingriff. Wir sehen mit einem Worte, daß das verlängerte Mark (und das mit ihm verschmolzene Kleinhirnrudiment) einen stärkeren Einfluß, als die Vierhügel ausüben. Bedenken wir aber, daß die herumschweifenden Nerven an der Mitte des verlängerten Markes hervortreten (9 Fig. 348. S. 454), so bekräftigt sich hier das in der Folge noch zu beleuchtende Gesetz, daß diejenigen Gegenden des centralen Nervensystems, welche in der Nachbarschaft der Eintrittsstellen eines Nerven liegen, die Bewegungswirkungen desselben am Leichtesten und Lebhaftesten bedingen können.

Der Magen und der Darm des Frosches verhalten sich meistentheils so träge, daß vorübergehende mechanische Reizungen des centralen Nervensystems keine Bewegungen zu erzeugen pflegen. Ich habe sogar das Rückenmark mit einem glühenden Drathe zerstört, ohne daß sich die geringste Regung im Nahrungskanal kund gab. Der Gebrauch des Magnetelektromotors führt aber auch hier nicht selten zu anderen Ergebnissen. Ich bekam dann bisweilen die lebhaftesten Wurmbewegungen im Magen und Darm durch den Anspruch der Vierhügel des verlängerten, und des Rückenmarkes und die des Dünndarmes, des Dick- und des Mastdarmes durch die Reizung des Rückenmarkes allein. Die Harnblase und der Eileiter lieferten nie ersprießliche Ergebnisse. Jene legte sich höchstens in Falten, sie verfiel dagegen nie in so lebhafte Wellenbewegungen, wie die Harnblase der Säugethiere.

Die Verhältnisse der Lymphherzen haben zu mannichfachen Widersprüchen Veranlassung gegeben. Volkmann [2]) glaubte hier Thatsachen gefunden zu haben, welche die Selbstständigkeit des Gangliensystems physiologisch nachwiesen. Zerstört man das Rückenmark oder die vorderen Wurzeln in der Gegend des dritten Wirbels, so hören nach ihm die vorderen Lymphherzen plötzlich zu klopfen auf. Verfährt man in der Höhe des achten Wirbels in ähnlicher Weise, so erhält man die gleichen Ergebnisse für die hinteren Lymphherzen Man bemerkt höchstens ein Muskelflimmern, das nie über eine Viertelstunde in den vorderen und nie über ein Paar Minuten in den hinteren Lymphherzen anhält. Das Blutgefäßherz schlägt dagegen nach der Zerstörung des centralen Nervensystems geraume Zeit fort. Es hat daher seine nervösen Centralwerkzeuge in sich und zwar in den Ganglien, die in ihm vorkommen, während die Lymphherzen, zu denen auch breite Nervenfasern verlaufen, ihre Bestimmungsglieder im Rückenmarke finden. Es steht deßhalb die Bewegung von diesen mit der Zerstörung des entsprechenden Abschnittes des Rückenmarkes unwiederbringlich still.

---

[1]) Fr. Tiedemann, in Müller's Archiv. 1847. S. 498.
[2]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1844. S. 419 — 29.

Fasse ich meine früheren Beobachtungen zusammen, so ergab sich, daß die Unthätigkeit des Rückenmarkes zwar einen wesentlichen Einfluß auf die Bewegung der Lymphherzen ausübt, daß diese dann plötzlich zusammenfallen, daß sie aber dessenungeachtet noch viele Stunden von selbst fortklopfen und durch mechanische Reize zu anhaltenden Schlägen angeregt werden können [1]). Das Rückenmark regulirt daher die Bewegungen als Ganzes. Das selbstständige Fortschlagen dagegen ist auch nach der Entfernung aller Centraltheile des Nervensystems noch für eine geraume Zeit möglich gemacht. Panizza fand in seinen Untersuchungen, daß die Lymphherzen nach der Zerstörung des Rückenmarkes plötzlich still standen, später von Neuem klopften, sich aber drei Stunden nach dem Eingriffe für immer beruhigten. Schiff hat sich ebenfalls überzeugt, daß die Entfernung der Centraltheile des Nervensystems den Schlag der Lymphherzen unregelmäßig machte, nicht aber sogleich beseitigte. Eine von mir angestellte neuere Beobachtungsreihe führte zu ähnlichen Ergebnissen.

Nehmen wir zunächst die hinteren Lymphherzen, die sich zu solchen Versuchen am Besten eignen, ins Auge, so sieht man, daß sie im Ganzen fortklopfen, so lange das Rückenmark unversehrt ist. Zerstört man dieses dagegen in seinem hintersten Endtheile, so fällt die früher während der Diastole ausgedehnte Blase plötzlich zusammen. Es ereignet sich, daß der Schlag einen Augenblick oder einige Zeit ruht. Er beginnt aber oft später von Neuem unter veränderten Verhältnissen. Das Herz ist minder gefüllt. Es zerfällt überdies in mehrere, gegenseitig zum Theil abgeschnürte Stücke, die sich nach einander zusammenziehen. Die eine Abtheilung hat oft schon ihre Systole begonnen oder selbst größtentheils vollendet, wenn die andere die ihrige erst anfängt. Man bemerkt häufig zwei oder drei, seltener eine größere Menge solcher Bruchstücke. Das hintere pflegt sich zuerst zu verkürzen. Diese Schlagweise der Lymphherzen kann dann viele Stunden von selbst fortdauern. Hat sie aufgehört, so stößt man auf einen Uebergangszustand, in dem jede irgend kräftige mechanische Reizung das oben beschriebene Klopfen von Neuem hervorruft. Dieses überdauert wiederum die erste Anregung kürzere oder längere Zeit. Ruht Alles, so kann häufig ein zweiter mechanischer Reiz den gleichen Erfolg nach sich ziehen. Schwindet die Empfänglichkeit noch mehr, so erhält man den Wechselfall, daß sich die Schläge des gesammten, in mehreren Abtheilungen gesonderten Lymphherzens kürzere Zeit erhalten oder daß nur eine beschränkte Stelle in Bewegung verfällt. Es tritt endlich ein Zeitpunkt ein, in dem auch die äußeren Ansprüche vollkommen erfolglos bleiben.

Fische. — Die Versuche gelangen mir hier an verschiedenen Flußfischen. Reizte ich das verlängerte Mark der Aesche (Thymallus vexillifer Ag.) elektrisch an, so stand das Herz still. Das kleine Gehirn und die Sehlappen wirkten dagegen in dieser Hinsicht unvollkommen. Der Herzschlag verlangsamte sich nur, ohne gänzlich aufzuhören. Der Darm rührte sich in diesen Thieren nicht.

Das verlängerte Mark und selbst die Sehlappen und das Rückenmark bis zur Gegend des Hinterrandes des Kiemendeckels brachten das Herz der Forelle (Salmo fario) zum Stillstande. Jenes rief auch lebhafte Magenbewegungen, welche nach der Durchschneidung der Cardia nicht mehr auftraten, hervor.

Die Quappe (Lota vulgaris) zeichnete sich dadurch aus, daß ihr Nahrungskanal und ihre große Harnblase trotz der einfachen Muskelfasern, die ihr als Mittelhaut zukommen, lebhaft antworteten. Prüfte ich ein Thier von 32 Centimeter Länge, so erhielt ich den Stillstand des Herzens, wenn ich die Sehlappen, das kleine Gehirn, das verlängerte Mark und das bis zum achten Wirbel bloßgelegte Rückenmark ansprach. Dieselben Nervengebilde riefen auch Verkürzungen der Speiseröhre und des Magens hervor. Die Harnblase zog sich unter dem Einflusse des verlängerten Markes und des bis zum achten Wirbel frei gelegten Rückenmarkes und zwar eben so lebhaft, als in irgend einem Säugethiere zusammen. Dieselben Theile regten auch bisweilen den Mastdarm an.

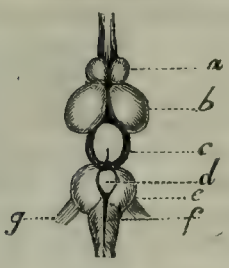
Da der mit quergestreiften Fasern versehene Nahrungskanal der Schleihe (Tinca chrysites Ag.) lebhafte augenblickliche Zusammenziehungen liefert (§. 2394.), so eignet sie sich zu den uns hier beschäftigenden Untersuchungen besser, als die meisten anderen Fische. Man kann auch hier die Abhängigkeit des Herzschlages von gewissen Theilen des centralen Nervensystemes sehr gut nachweisen.

---

[1]) S. die erste Auflage dieses Werkes Bd. II. S. 769 fgg. und Nachtrag.

Fig. 350. stellt uns das Gehirn einer erwachsenen Schleihe von oben bloßgelegt dar. *a* sind die Hemisphärenlappen, *b* die Sehlappen, *c* das kleine Gehirn, *d* das Tuberculum des vierten Ventrikels, *e* die Lappen des herumschweifenden Nerven, *f* das verlängerte Mark und *g* die Wurzelbündel der herumschweifenden Nerven.

Fig. 350.



Das Herz dieses Thieres kann lange fortklopfen. Es bewahrte z. B. seine vollständigen kraftvollen Pulsationen 12½ Stunden und lieferte noch sehr schwache Schläge der Kammer 25 Stunden nach dem Tode. Ich konnte den Stillstand desselben durch die elektrische Reizung des Tuberculum, der Vaguslappen, des verlängerten Markes und des vorderen Abschnittes des Rückenmarkes erzeugen. Es hing dann von den Empfänglichkeitszuständen ab, ob die Ruhe länger, als die elektrische Erregung dauerte, ob sie mit ihr aufhörte oder hinter ihr zurückblieb.

Das Tuberculum, die Vaguslappen, das verlängerte Mark und das Rückenmark bis zur Gegend des fünften Wirbels führten in erwachsenen Fischen zu den lebhaftesten Ruckbewegungen des Nahrungskanales. Es kam mir in einem sehr starken Thiere ein Mal vor, daß er sich nach der Ansprache der Sehlappen und des kleinen Gehirns schwach zusammenzog. Der ganze Körper krümmte sich aber gleichzeitig auf das Lebhafteste. Das Tuberculum verlor seinen Einfluß früher, als das verlängerte Mark und dieses den seinigen eher, als die Vaguslappen. Der oberste Theil des Rückenmarkes bewahrte seine Wirkung, wenigstens in den Thieren, in denen ich hierauf achtete, eben so lange, als die Empfänglichkeit überhaupt dauerte. Sinkt die Reizbarkeit, so bemerkt man häufig, daß sich nur der vorderste Theil des Nahrungskanales zusammenzieht. Hatte ich das Gekröse des Darmes vollständig durchschnitten, so konnte ich noch Verkürzungen des Magens bemerken, wenn ich die Leitungsdräthe in die Vaguslappen einstach. Der Darm und der Mastdarm wurden dann passiv nachgezogen.

Spricht man auch nur einen der beiden Vaguslappen an, so kann man doch eine vollkommene Ruckbewegung des Nahrungskanales erhalten. Die tetanische Zusammenziehung desselben dauert übrigens kaum länger, als ½ bis ¾ Minuten. Sie hört sogar meist viel früher auf. Elektrisirte ich z. B. den rechten Vaguslappen 4 Secunden, so dauerte die Verkürzung nur 3 Secunden. Wiederholte ich unmittelbar darauf den gleichen Versuch an dem linken Vaguslappen, so hielt die Zusammenziehung nur 2 Secunden an.

Hat man eine längere Strecke des Rückenmarkes ohne Verletzung desselben bloßgelegt, so kann man sich überzeugen, daß es nicht die herumschweifenden Nerven allein sind, von denen die erwähnten Verkürzungserscheinungen abhängen und daß der Bezirk, von dem aus der Herzstillstand erregt werden kann, weiter nach hinten reicht, als der, der auf den Nahrungskanal einwirkt.

Ich hatte z. B. das Gehirn und das Rückenmark einer mäßig großen Schleihe bis zur Gegend des 10ten bis 11ten Wirbels ohne Nebenverletzung bloßgelegt. Eine Reihe oft wiederholter Versuche lehrte dann, daß das Herz still stand und der Nahrungskanal lebhafte Bewegungen machte, so wie man das kleine Gehirn, die Vaguslappen, das verlängerte Mark und das Rückenmark bis zur Gegend des fünften Wirbels ansprach. Es fand sich aber hier ein Grenzbezirk, der in einem anderen Thiere bis zum dritten bis vierten Wirbel hinaufrückte. Legte man die Leitungsdräthe vor demselben nach dem Kopfe hin an, so antwortete der Darm auf das Kräftigste. Berührten sie dagegen das Rückenmark hinter jener Grenzstelle, so blieb der Nahrungskanal vollkommen ruhig. Es fand sich innerhalb des Grenzbezirkes eine Gegend, deren Reizung nur noch schwache Regungen des Nahrungskanales bedingte. Einige Millimeter weiter nach hinten dagegen blieb alle Antwort aus. Der Erfolg war hierbei so sicher, daß man ihn in oft wiederholten Versuchen voraussagen konnte.

Elektrisirte ich dagegen das Rückenmark in der Gegend des fünften und des zehnten bis eilften Wirbels, so stand das Herz still, während der Nahrungskanal gar nicht antwortete. Die Wirkung dieses hinteren Stückes des Rückenmarkes verlor sich später in der Richtung von hinten nach vorn.

Ich trennte die Ursprünge der beiden herumschweifenden Nerven los, schnitt das verlängerte Mark der Quere nach durch und entfernte endlich alle weiter nach vorn gelegenen Hirngebilde. Galvanisirte ich jetzt das Rückenmark oberhalb der erwähnten Grenzstelle, zwischen dem ersten und dem fünften Wirbel, so stand das Herz jedes Mal still. Die Darmschlinge machte einen lebhaften Ruck. Stach ich die Dräthe 3 bis 4 Mm. neben der Wirbelsäule ein, so ergab sich das Gleiche, nicht aber, wenn sich 6 bis 8 Mm. von dem Rückenmarke jederseits entfernt lagen. Prüfte ich das Rückenmark hinter der Grenzstelle, so hörte wieder der Herzschlag auf, während sich der Darm ruhig verhielt. Ich trennte nun alle Baucheingeweide von hinten bis vorn der Länge nach los und brachte sie in die frühere Lage. Es war jetzt nicht mehr möglich, mit den gleichen Strömen auf das Herz und den Nahrungskanal von dem Rückenmarke aus einzuwirken.

Legte ich die Leitungsdräthe an einzelne Stellen der Eingeweide, so erzielte ich weit leichter den Herzstillstand, als die lebhafte Verkürzung des Nahrungskanales.

Die Zerstörung des Rückenmarkes ändert nach Hyrtl [1]) den Schlag des Caudalherzens des Aales nicht. Hatte ich die Schwanzflosse, deren Herz 98 bis 102 Mal in der Minute schlug, ausgebreitet und die starken Leitungsdräthe des Magnetelektromotors zu beiden Seiten von jener angelegt, so stand das Herz still. Wurden die elektrischen Ströme unterbrochen, so klopfte es einige Augenblicke später von Neuem fort.

Mittheilung der Thätigkeiten in dem Gehirn und dem Rückenmarke. — Es kommt hier häufig vor, daß eine Anregung andere gleichartige oder ungleichartige Wirkungen nach sich zieht. Man belegt diese Erscheinungen mit dem Namen der **Mittheilung**, der **Uebertragung** oder der **Synergie**. Ruft eine Empfindung Bewegungen hervor, so haben wir eine **Reflexbewegung** und im umgekehrten Falle eine **Reflexempfindung**. Die ungleichartigen Wechselwirkungen führen daher zu **Reflexerscheinungen**. Hat hingegen eine Empfindung eine zweite zur Folge, so sprechen wir von **Mitempfindungen**. Die **Mitbewegungen** bezeichnen das Gleiche auf dem Gebiete der Verkürzungsverhältnisse. 4434

Eine Reihe der Thatsachen, die zu den Reflexbewegungen gehören, war schon älteren Forschern, wie Redi, Whyth, Haller bekannt. Einzelne, wie Kaauw Boerhave, Prochaska und zum Theil Legallois Foderà, Mayo, Burdach sprachen es deutlich aus, daß diese Erscheinungen die Hilfe des Rückenmarkes nöthig haben. Prochaska hatte sogar eine im Wesentlichen richtige Theorie der Verhältnisse entworfen. Diese Bemühungen waren aber größtentheils der Vergessenheit anheimgefallen. Marshall Hall und Joh. Müller erwarben sich das Verdienst, den Gegenstand von Neuem hervorzuheben und als bleibenden Erwerb in die Wissenschaft einzuführen.

Reflexbewegungen. — Ein einfacher Grundversuch, der an Amphibien fast nie mißlingt und auch an Säugethieren und Vögeln mit günstigem Erfolge hin und wieder angestellt wird, lehrt deutlich, daß die Reflexbewegungen der freien Körpermuskeln nur unter dem Einflusse des centralen Nervensystems zu Stande kommen können. Enthauptet man einen Frosch, so daß das verlängerte Mark und das Rückenmark in dem Rumpfstücke bleiben, und läßt das Ganze einige Zeit zur Erholung ruhig liegen, so braucht man nur die Haut der Zehen, des Unterleibes oder die Oberfläche der Gedärme zu drücken, zu stechen oder mit einer ätzenden Flüssigkeit zu berühren, um die lebhaftesten Reflexbewegungen zu erhalten. Das enthauptete Thier krümmt sich und bewegt alle vier Glieder oder 4435

[1]) Hyrtl, in Müller's Archiv. 1843. Seite 225.

einzelne derselben. Es sucht sich zu wehren oder springt selbst in einem weiten Satze, wie fliehend, davon. Zerstört man dagegen das verlängerte Mark und das Rückenmark vollständig, so hören diese Reflerbewegungen völlig auf. Kein Hautreiz irgend einer Art zieht die Verkürzung der benachbarten oder der entfernt liegenden Muskeln nach sich. Diese beantworten nur noch diejenigen Anregungen, welche ihre eigene Masse oder deren bewegende peripherische Nerven unmittelbar treffen.

Hat man den Kopf eines Säugethieres oder eines Frosches losgetrennt, so schließen sich nicht selten die Augenlider, so wie man die Oberfläche der Bindehaut mit einem Pinsel bestreicht. Ist dagegen das Gehirn mit dem verlängerten Marke entfernt worden, so bleibt der Versuch erfolglos. Diese Erfahrung beweist zugleich, daß der Gasserſche Knoten jene Reflerbewegungen nicht vermittelt.

Die Reflerbewegungen können in Fröschen eine halbe Stunde und nicht selten noch viel länger in aller Muße verfolgt werden. Enthauptete Schildkröten eignen sich sogar Tage lang zu solchen Beobachtungen. Will man dagegen die Erscheinungen an frisch getödteten Säugethieren wahrnehmen, so muß man die ersten Augenblicke nach dem Lebensende benutzen. Ein einzelnes Thier giebt selbst dann nur wenige befriedigende Ergebnisse unter den günstigsten Verhältnissen. Junge Geschöpfe und Nebenbedingungen, unter denen der Leichnam langsam erkaltet, führen am Ehesten zu den gewünschten Erfolgen.

Fassen wir die auffallendsten Erscheinungen, die man auf diese Weise in einer größeren Reihe von Säugethieren nach und nach erhalten kann, zusammen, so schließen sich die Augenlider, wenn man deren äußere Hautdecken oder die Bindehaut gereizt hat. Es zucken die Gesichtsmuskeln und vorzüglich die Lippen auf die Berührung der Gesichtshaut oder das Anziehen der Bart- oder Tasthaare. Die Zunge zittert, so wie man über ihre Schleimhautoberfläche hinfährt. Kitzelt man die Innenhaut des weichen Gaumens oder des Schlundkopfes mit einem Federbarte, so treten Bewegungen in jenen Anfangstheilen der Verdauungswerkzeuge auf. Reibt man die Schleimhaut des Kehlkopfes, so verkürzen sich einzelne Muskeln desselben. Führt man einen kleinen Holzstab in den After und reibt mit jenem die Schleimhaut des Mastdarmes, so erhält man bisweilen eine Verengerung des Afterschließers. Reizt man das männliche Glied erwachsener Hunde, so bewegen sich nicht selten die Samenleiter wurmförmig. Die Samenblasen des Igels können sich unter den gleichen Verhältnissen zusammenziehen. Die Reibung der Scheidenschleimhaut hat sehr häufig Wurmbewegungen in den Eileitern zur Folge. Kneipt oder durchschneidet man die Brust- oder die Bauchhaut des eben getödteten Thieres, so erhält man bisweilen Zuckungen in den Bauchmuskeln oder selbst vollständige Einathmungsbewegungen, bei denen sogar der Mund weit geöffnet zu werden vermag. Hautreize des Rumpfes werden in manchen Fällen von Bewegungen der Füße beantwortet.

Diese und viele andere Reflererscheinungen kehren im Menschen unter gesunden oder unter krankhaften Verhältnissen häufig wieder. Sind Staubtheilchen in den Bindehautsack geflogen oder ist dieser auf andere Weise gereizt worden, so schließen wir unwillkührlich die Augenlider. Die mechanische oder die chemische Anregung der Nasenschleimhaut führt nicht selten zum Niesen. Kitzelt man die Rachenoberfläche mit einem Federbarte, berührt man sie mit dem Finger, reibt man sie mit der Schlundsonde, so folgen Schluckbewegungen, Brechneigung oder wirkliches Erbrechen nach. Wird die Kehlkopfschleimhaut mechanisch oder chemisch angegriffen, so erhalten wir Husten und nicht selten Schlingbewegungen. Dringt man mit einer festen Masse durch die Afteröffnung und reibt die Mastdarmschleimhaut, so treten nicht selten Mastdarmbewegungen auf. Der After selbst kann sich mit größerer Stärke zu verschließen suchen. Die Reibung der Haut des männlichen Gliedes bedingt Samenergießung, d. h. wurmförmige Bewegungen der Samenleiter und der Samenblasen. Es läßt sich kaum bezweifeln, daß sich auch die Eileiter der Frau während des Beischlafes verkürzen werden. Trifft ein Nadelstich eine Hautstelle unvermutheter Weise, so zucken wir zusammen und machen eine Reihe nicht vorher be-

rechneter Bewegungen. Das Lachen, welches das Kitzeln der Haut, vorzüglich der Achselhöhle, der Handfläche oder der Fußsohle verursacht, die allgemeinen Körperbewegungen, die oft nachfolgen und nicht immer zur Abwehr dienen, können ebenfalls hierher gerechnet werden. Die Verhältnisse, welche die Wechselkrämpfe und die Starrkrämpfe darbieten, werden uns in der Folge ausführlicher beschäftigen.

Manche andere Erscheinungen sind zweideutigerer Natur. Hierher gehören z. B. die Veränderungen des Sehloches, welche dem Abzapfen der wässerigen Feuchtigkeit nachfolgen und die künstlichen Frühgeburten, welche die mittelst des Preßschwammes bewirkte Ausdehnung des Gebärmuttermundes herbeiführt. Man kann diese Verkürzungen nicht ohne Weiteres als Reflexbewegungen ansehen, weil vielleicht hierbei die Muskelmassen selbst örtlich angeregt werden.

Manche Labilitätserscheinungen der Sinneswerkzeuge beruhen auf Reflexbewegungen. Trifft eine größere Menge von Licht die Netzhaut, so verengert sich das Sehloch. Die Stärke der Töne bestimmt es wahrscheinlich in einzelnen Fällen, daß sich der innere Hammermuskel oder der Steigbügelmuskel zusammenziehen.

Reflexerscheinungen können endlich noch die Ausfuhr von Absonderungserzeugnissen vergrößern. Ein Stäubchen, das in den Bindehautsack gefallen, führt zum verstärkten Thränenflusse. Der Genuß scharfer oder sonst reizender Stoffe vermehrt die Aussonderung der Mundflüssigkeiten. Der starke Luftstrom, den das Niesen anregt, kann Schleim und andere Körper aus der Nasenhöhle hervorschleudern.

Die ausführlichste, mit zahlreichen physiologischen und pathologischen Erscheinungen erläuterte Darstellung der Reflexerscheinungen des Menschen giebt Marshall Hall, On the Diseases and Derangements of the Nervous System. London 1841. 8. Dieses Werk in's Deutsche übersetzt und mit einigen kritischen Bemerkungen versehen von J. Wallach. Leipzig 1842. 8. M. Hall, Neue Untersuchungen über das Nervensystem aus dem Englischen übertragen von A. Winter. Leipzig 1844. 4.

Manche der eigenthümlichen Reflexverhältnisse, welche lebende Thiere bei unversehrtem centralen Nervensysteme oder nach der Enthirnung darbieten, sollen noch in der Folge erwähnt werden.

Wollen wir die den Reflexbewegungen zum Grunde liegenden Gesetze 4436
klar auffassen, so müssen wir zunächst nur die mit quergestreiften Fasern versehenen und meist willkührlich beweglichen Verkürzungsgebilde im Auge behalten, die übrigen dagegen für spätere Betrachtungen aufsparen.

Der Reiz, der die Reflexbewegungen veranlaßt, dringt nach dem ver- 4437
längerten Marke oder dem Rückenmarke in centripetaler Richtung vor. Die Anregung theilt sich dann hier den centrifugal wirkenden Bewegungsfasern mit. Jede Art centripetaler Fasern kann hierbei den ursprünglichen Anstoß aufnehmen. Wir sehen daher auch, daß die Sinneseindrücke und die Schmerzensempfindungen, die bewußten und die unbewußten sensiblen Wirkungen Reflexbewegungen nach sich ziehen.

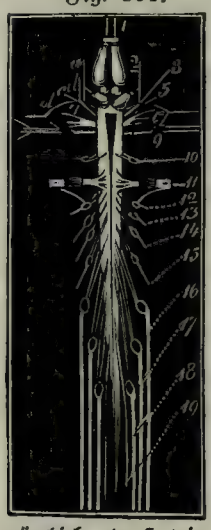
Marshall Hall und mehrere seiner Nachfolger [1]) nannten die centripetalen Nervenfasern, von denen der erste Anstoß ausgeht, incidirende und die centrifugalen, welche die Verkürzung vermitteln, reflectirende. Beide Arten von Fasern sollten von denen, welche die bewußten Empfindungen und die willkührlichen Bewegungen möglich machen, geschieden sein. Die Reflexthätigkeiten hätten daher ihre eigene Art peripherischer Nervengebilde. Keine der bis jetzt bekannten Thatsachen nöthigt zu dieser Annahme, gegen die übrigens anatomische und physiologische Gründe sprechen. Die Hauptmechanik der Reflexbewegungen liegt in dem centralen Nervensysteme. Die Gebilde, de-

[1]) Vergl. z. B. R. D. Grainger, Observations on the Structure and Fonctions of the Spinal Cord. London 1837. 8. p. 34. G. A. Spieß, Physiologie des Nervensystems. Mit besonderer Berücksichtigung pathologischer Zustände. Braunschweig 1844. 8. S. 162 — 64. L. Büchner, Beiträge zur Hall'schen Lehre von einem excito-motorischen Nervensysteme. Giessen 1848. 8.

nen die centripetale Faser in dem verlängerten Marke oder dem Rückenmarke begegnet, die Größe und die Art der Reizung, die Menge der Eingriffe, die in einer gegebenen Zeit auf einander folgen, bestimmen die Beschaffenheit und die Ausdehnung der Reflexbewegungen. Behalten wir dieses im Auge, so erklärt es sich von selbst, daß jede centripetale Faser diese Wirkungen anzuregen vermag und daß die Erfolge mit der Verschiedenheit der Nebenverhältnisse in hohem Grade wechseln. Wäre eine besondere Klasse peripherischer incidirender Nervenfasern vorhanden, so müßte jede Hautstelle, jeder Punkt der Ausbreitung eines Sinnesnerven zwei Arten von Nervenfasern, eine incidirende und eine empfindende enthalten, eine Annahme, die anatomisch nicht nachgewiesen zu werden vermag und physiologisch überflüssig, wo nicht undenkbar ist.

4438 Sollen die Reflexbewegungen möglich bleiben, so darf keines der drei Wirkungsglieder, die centripetale, die centrifugale Nervenfaser und das entsprechende Stück des verlängerten Markes oder des Rückenmarkes seine Kräfte verloren haben. Wir haben schon §. 4435 gesehen, daß die Zerstörung des Rückenmarkes die von den Rückenmarksnerven abhängigen Reflexerscheinungen aufhebt. Schneiden wir die hinteren Wurzeln der zu den Hinterbeinen verlaufenden Nerven (16 bis 18 Fig. 351.) in einem Frosche durch, so ruft kein Hautreiz, der die Hinterzehen trifft, Bewegungen hervor. Der Wille kann aber immer noch die Muskeln der Hinterbeine beherrschen. Trennt man nur die vorderen Wurzeln, so gehen die willkührlichen und die Reflexbewegungen verloren. Die Empfindung bleibt aber unversehrt.

4439 Fig. 351.



Hat man einen Frosch in der Gegend des ersten Wirbels (bei 10 Fig. 351.) enthauptet und läßt einen Tropfen Schwefelsäure auf eine Hinterzehe fallen, so können Reflexbewegungen in allen vier Füßen auftreten. Wir sehen hieraus, daß sich die Anregung nicht bloß den benachbarten, sondern auch entfernteren Bewegungsfasern (von 16 bis 18 den Nerven 10 bis 13 Fig. 351.) mittheilt.

4440 Die allgemeine Verbreitung des Reizes setzt einen hohen Grad von Empfänglichkeit in dem Rückenmarke voraus. Sind dagegen die Kräfte desselben gesunken, so erhält man auch nur beschränktere Reflexbewegungen. Es kann hierbei vorkommen, daß ein auf das rechte Hinterbein ausgeübter Reiz reflectorische Verkürzungen in beiden Hinterbeinen, in dem rechten Hinter- und dem einen der beiden Vorderbeine hervorruft. Es ist mit einem Worte möglich, daß die mannigfachsten Mittheilungserfolge bei diesem mittleren Stande der Empfänglichkeit wahrgenommen werden. Hat sie dagegen noch mehr gelitten, so bewegt sich nur der Fuß, dessen Zehen gedrückt worden. Die wirksame Anregung theilt sich dann im Rückenmarke den benachbarten Bewegungsfasern ausschließlich mit.

4441 Haben wir die vorderen Wurzeln des rechten Hinterbeines (16 bis 18 Fig. 351.) in einem enthaupteten Frosche durchschnitten und lassen einen Tropfen Schwefelsäure auf die Schwimmhaut jenes rechten Fußes niederfallen, so bleibt dieser ruhig liegen. Es können dagegen Reflexbewegungen in den beiden Vorderbeinen und dem linken Hinterbeine her-

vortreten. Diese Erfahrung bestättigt den schon theoretisch vorauszusehenden Satz, daß die centripetale Anregung, die von einem motorisch gelähmten Gliede ausgeht, allgemeinere Reflexerscheinungen in den noch von dem Rückenmarke abhängigen Verkürzungsgebilden anzuregen im Stande ist.

Führen wir einen Querschnitt durch das verlängerte Mark zwischen 4442
9 und 10 Fig. 351, und einen zweiten in der Gegend des vierten Wirbels zwischen 12 und 15 Fig. 351, so erhalten wir Reflexbewegungen der Augen, so wie wir die Bindehaut oder die Nasenlöcher reizen. Die Beine dagegen ruhen indeß. Drücken wir die Zehen eines Vorderfußes, so können sich beide Vorderbeine, nicht aber die Augen und die Hinterbeine bewegen. Wiederholen wir den gleichen Versuch an den Hinterzehen, so bemerken wir Reflexerscheinungen in den Hinterfüßen, nicht aber in den Augen oder den Vorderbeinen. Der doppelte Querschnitt hat mithin das centrale Nervensystem in drei Theile getrennt, von denen jeder seinen entsprechenden Bezirk von Reflexthätigkeiten beibehält. Die gegenseitige Uebertragung ist aber auf diese Weise aufgehoben worden. Legt man die Querschnittsfläche noch so genau an einander, so ändern sich hierdurch die eben erwähnten Ergebnisse nicht, zum Beweise, daß der ursprüngliche organische Zusammenhang für die Mittheilung der Anregung unerläßlich ist.

Man kann einer scheinbaren Ausnahme im Frosche begegnen. Schneidet man hier nämlich das Rückenmark dicht unter dem Eintritte der Wurzeln der Armnerven (11 Fig. 351.) der Quere nach vollständig durch und befeuchtet den einen Vorderfuß mit einem Säuretropfen, so wischt oft das Thier die gereizte Stelle mit dem Hinterbeine ab [1]). Diese Thatsache erklärt sich aber aus der Nervenvertheilung. Es verbindet sich nämlich ein Ast des folgenden Rückenmarksnerven (12 Fig. 351.) mit dem Armnerven [2]). Ein Theil der Fasern des Vorderfußes hat daher seinen Zusammenhang mit dem Rückenmarke trotz der oben erwähnten Verletzung desselben beibehalten. Führt man einen zweiten Querschnitt in der Gegend des vierten Wirbels (13 Fig. 351.) durch das ganze Rückenmark, so ruft kein Reiz, der die Vorderbeine trifft, Reflexerscheinungen in den Hinterbeinen hervor.

Man darf vermuthen, daß vielleicht verwandte Verhältnisse in den Salamandern wiederkehren. Die Versuche von Flourens [3]) und vorzüglich die von Paton [4]) lehren nämlich, daß sich diese Geschöpfe auf den vier Beinen halten und selbst vorwärts gehen, wenn man das Rückenmark in der Gegend des dritten Wirbels durchschnitten hat. Es müßte noch untersucht werden, ob nicht auch hier eine peripherische Verbindung zwischen beiden Abschnitten des Rückenmarkes trotz der angegebenen Verletzung übrig bleibt.

Verfolgt man die Erscheinungen genauer, so findet man, daß nur 4443
ein kleines bestimmtes Stück zur Erzeugung der entsprechenden Reflexbewegungen nöthig ist. Es brauchen bloß die benachbarten grauen und weißen centralen Nervenmassen, in welche die centripetalen Fasern eintreten und aus denen die centrifugalen hervorgehen, in ihrer natürlichen Verbindung in dem Bruchstücke erhalten zu sein, damit die Reflexbewe-

---

[1]) B. Stilling, in Roser u. Wunderlich's Vierteljahrsschrift. Bd. I. Stuttgart 1842. 8. S. 125.
[2]) Van Deen, in den Holländischen Beiträgen. Bd. I. S. 29.
[3]) P. Flourens, Recherches expérimentales. p. 420.
[4]) G. Paton, in The Edinburgh medical and surgical Journal. April. 1846. p. 263—66.

gungen möglich bleiben. Wir können auf diese Weise den Rumpf einer Schlange oder den Schwanz einer Eidechse in eine beliebige Zahl von Ringstücken trennen, ohne daß jedes von ihnen seine Reflexthätigkeit verliert. Denn der Querschnitt des Rückenmarks nimmt hier die dem Ringe entspringenden Haut- und Muskelnerven unmittelbar auf.

Dieser Einfluß der Quertheilung des Rückenmarkes kehrt auch im Menschen wieder. Ist z. B. die Mitte des Brustmarkes in Folge eines Wirbelbruches abgerissen oder durch eine drückende Geschwulst unthätig gemacht worden, so hat die bewußte Empfindung und die willkührliche Bewegung in den Beinen aufgehört Kitzelt man dagegen die Fußsohle, so erhält man Reflexbewegungen. Ich beobachtete selbst in einem Falle [1]), daß der Unterschenkel weit in die Höhe geworfen wurde. Ich kann daher den gegen solche Erfahrungen erhobenen Bedenken [2]) nicht beistimmen. Wir werden in der Folge finden, daß die Reflexbewegungen unter diesen Verhältnissen leichter oder stärker, als im gesunden Zustande auftreten.

Es ergiebt sich von selbst, daß die Erscheinungen zur näheren Bestimmung der Art der Verletzung benutzt werden können. Sollen die Reflexbewegungen zu Stande kommen, so müssen der untere Abschnitt des Rückenmarkes und die ein- und austretenden Nerven ihre Kräfte bewahrt haben. Es ereignet sich bisweilen, daß Menschen, die einen Wirbelbruch erlitten, die Reflexerscheinungen im Anfange, nicht aber später bei zunehmender Verschlimmerung des Leidens darbieten. Wir werden hieraus schließen, daß die Fortschritte der Krankheit dem unteren Abschnitt des Rückenmarkes oder den mit ihm verbundenen Nerven geschadet haben.

Die Beckenorgane können ähnliche Wirkungen darbieten. Hat man das Brustmark eines Katers der Quere nach vollständig getrennt, so führt oft die mechanische Reizung der Haut des männlichen Gliedes Samenerguß herbei [3]). Ein Mensch, dessen Rückenmark in ähnlicher Weise verletzt worden, fühlt keine Wollust mehr bei dem Beischlafe. Es bleibt aber die Steifung des Gliedes, der Austritt kräftigen Samens und mithin auch die Befruchtung möglich. Schon die bloße drückende Berührung des männlichen Gliedes, das Ansetzen des Harnglases oder die Einführung eines Katheters in die Harnröhre können hier eine vollständige oder eine unvollständige Füllung des Penis veranlassen. Eine Frau, die sich in dem gleichen Falle befindet, fühlt den Beischlaf nicht mehr. Sie kann aber empfangen, das Kind gehörig austragen und es ohne Schmerzen und ohne Kunsthilfe gebären.

Das Vermögen, den Harn und den Stuhl willkührlich zu entleeren, geht natürlich in Kranken der Art gänzlich verloren. Wir begegnen aber hier zweierlei Fällen. Es ereignet sich häufig, daß der Harn ohne Weiteres zur Harnröhre oder zur Scheide herausfließt, weil der zur Zurückhaltung desselben nöthige Blasenverschluß mangelt. Das Gleiche wiederholt sich für die Kothmassen, sei es, daß die Stuhlentleerung in gewöhnlicher Häufigkeit oder auffallend sparsamer zu Stande kommt. Man findet in anderen Kranken, daß die Harnblase fortwährend verschlossen bleibt, daß sie sich daher in Folge der Urinansammlung übermäßig ausdehnt und daß die oft erschwerte Einführung des Katheters die Gefahr eines Blasenrisses (Bd. I. §. 1562) verhüten muß.

Eine Reihe hierher gehörender Beispiele findet sich bei Marschall Hall, Von den Krankheiten des Nervensystems. Uebersetzt von J. Wallach. Leipzig 1842. 8. Seite 271 fgg. Vergl. auch G. Hirsch, Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg 1843. 8. S. 396 fgg. Ueber die Streitfrage, ob der Afterschließer reflectorisch wirkt oder nicht, s. Todd in seiner Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. London 1847. 8. p. 721. k fgg.

4444 Oeffnet man den Schädel und die Wirbelsäule eines lebenden Frosches und führt einen Längenschnitt, der möglichst genau in der Mittellinie da-

[1]) De functionibus nervorum. p. 100.
[2]) B. Schulz, Physiologie des Rückenmarkes. Wien 1842. 8. S. 24 fgg.
[3]) Brachet, a. a. O. pag. 291.
[4]) Vergl. Brachet, a. a. O. p. 299.

bingeht und sich von den Großhirnhalbkugeln (bei 2 Fig. 351.) bis zu dem hinteren Ende des Rückenmarkes erstreckt, so hat hierdurch das Thier den Willenseinfluß, den es sonst auf seine Muskeln ausübte, nicht verloren. Es bewegen sich sogar beide Nasenlöcher oder beide Augen gleichzeitig [1]). Drückt man die Zehen des rechten Hinterbeines, so kann man Reflexbewegung in diesem allein oder in ihm und dem rechten Vorderbeine, nicht aber in den linken Extremitäten erhalten [2]). Enthauptet man das Thier, so wiederholen sich die gleichen Erscheinungen nach der Entfernung des Willenseinflusses [3]). Ein jeder sensible Reiz ruft nur Reflexbewegungen an derselben und nicht an der anderen Seite hervor. Wir sehen hieraus, daß die vollständige Längstheilung die Uebertragung von einer Seitenhälfte auf die andere unmöglich macht, diejenige dagegen, welche in dem Bezirke einer jeden Seitenhälfte beschränkt bleibt, nicht aufhebt.

Schneiden wir das Rückenmark eines lebenden Frosches in der Gegend des dritten Wirbels (bei 11 Fig. 351.) der Quere nach gänzlich durch und führen einen senkrecht gehenden Längenschnitt längs der Mittellinie des Rückenmarkes von der Gegend des vierten Wirbels (14 Fig. 351.) bis zu dem hinteren Ende des centralen Nervensystems, so hat natürlich der Eingriff die Hinterbeine für die bewußten Empfindungen und die willkührlichen Bewegungen gänzlich gelähmt. Befeuchtet man aber die Schwimmhaut des rechten Fußes mit einem Tropfen Schwefelsäure, so kann man Reflexbewegungen in beiden Hinterbeinen, nicht aber in den Vorderfüßen erhalten. Wir sehen hieraus, daß die unvollständige Längstheilung, der Ueberrest einer Verbindungsbrücke, in welche die entsprechenden centripetalen und centrifugalen Fasern nicht unmittelbar einstreichen, die Möglichkeit der Reflexbewegung nicht aufhebt. 4445

Sticht man ein Messer in die Mitte der Hinterfläche des Rückenmarkes der Quere nach so ein, daß die zu beiden Seiten befindlichen vorzugsweise weißen Massen unversehrt bleiben, so erhält man Muskelbewegungen des Frosches in dem Augenblicke der Verletzung. Hat sich das Thier erholt, so kann es wieder seine Beine willkührlich gebrauchen. Enthauptet man es, so ist ein Reiz, der ein Hinterbein trifft, im Stande, Reflexbewegungen in allen vier Füßen hervorzurufen. 4446

Legt man das Rückenmark eines Frosches in der Gegend des zweiten bis vierten Wirbels (10 bis 13 Fig. 351.) bloß und schneidet die rechte Hälfte desselben von der Mittellinie bis zu dem äußersten Rande der Quere nach vollkommen durch, so wird immer noch die Schwefelsäure, welche man auf die rechte Schwimmhaut tropft, empfunden werden. Das Thier kann sein rechtes Hinterbein willkührlich beherrschen und auf das Mannigfaltigste zu seinen Sprungbewegungen benutzen. Es zeigt nur in manchen Einzelfällen untergeordnete Unregelmäßigkeiten. Reizt man es in 4447

[1]) B. Stilling, Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarkes und der Nerven. Leipzig 1842. 8. S. 79.
[2]) De functionibus nervorum p. 99. Stilling, a. a. O. S. 78. 79.
[3]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1838. S. 19 — 21.

dem enthaupteten Frosche, so erhält man unter günstigen Verhältnissen Reflexbewegungen in allen vier Füßen. Trennt man die obere Hälfte des Rückenmarkes an der rechten und die untere an der linken Seite, so bleiben die gleichen Erscheinungen nach van Deen [1]) und Stilling [2]) möglich.

4448 Hat man die rechte Hälfte des Rückenmarkes in der Gegend des zweiten bis vierten Wirbels (10 bis 13 Fig. 351) und die linke in der des vierten bis sechsten (13 bis 16 Fig. 351) vollständig durchschnitten, so wird man unter günstigen Verhältnissen bemerken, daß der Frosch die meisten Muskeln seiner Hinterbeine willkürlich beherrscht und daß die bewußte Empfindung in diesen nicht verloren gegangen ist. Es kam mir vor, daß das Thier auf das Lebhafteste fortsprang und sich mit den Hinterfüßen bei dem Einfangen wehrte. Diese zuckten während der Enthauptung. Wurden sie an dem kopflosen Präparate gereizt, so entstanden Reflexbewegungen in den Vorderbeinen, den Schulterblattmuskeln und dem frei liegenden Theile des Schlundes [3])

Gehen die Querschnitte zu weit hinüber, so daß z. B. der rechte beträchtlich in die linke Hälfte hineinragt, so bleiben die Ergebnisse die gleichen [4]). Sind sie auch wechselseitig nicht sehr weit entfernt, so brauchen deshalb die oben erwähnten günstigen Erfolge nicht auszubleiben [5]). Liegt der eine Querschnitt den Wurzeln des Hüftnerven zu nahe, so treten auch die Lähmungserscheinungen des entsprechenden Hinterbeines schärfer hervor. Ist der Versuch vollkommen gelungen, so werden die willkührlichen Bewegungen der Hinterbeine so auffallend, daß die unglücklichen Ergebnisse, die einzelne Forscher erhalten haben und die wahrscheinlich von Nebenverletzungen herrührten, in den Hintergrund treten müssen.

Da diese Thatsachen in neuerer Zeit von Volkmann [6]) bezweifelt wurden, so wiederholte ich den Versuch abermals. Ich durchschnitt die rechte Hälfte des Rückenmarkes eines frisch eingefangenen grünen Grasfrosches zwischen dem zweiten und dritten und die linke zwischen dem dritten und vierten Wirbel. Das Thier war im Anfange in hohem Grade betäubt, es lag wie scheintodt da. Es erholte sich nach einiger Zeit, bewegte die beiden Hinterbeine mühsam und unzweckmäßig, aber offenbar willkührlich. Stellte ich es 2 Stunden später auf einem Tische frei hin, so sprang es schon von selbst auf den Boden herab. Es konnte am folgenden Tage mit großer Vollkommenheit mit seinen Hinterbeinen hüpfen und schwimmen. Die Bewegungen derselben gehorchten offenbar dem Willensbefehle auf das Pünktlichste. Die Vorderbeine hatten auffallend gelitten, weil wahrscheinlich ein Theil der ihnen entsprechenden Nervenwurzeln unmittelbar verletzt war. Die Wirbelsäule war dabei in einem Bogen, dessen Aushöhlung nach rechts sah, gekrümmt. Da der rechte Halbschnitt weiter nach vorn lag, als der linke, so ließ sich das Uebergewicht der Thätigkeit der rechten Wirbelmuskeln aus diesem Verhältnisse erklären.

4449 Hat man die hintere Hälfte des Rückenmarkes von dem Rücken her bloßgelegt und führt einen Längenschnitt dicht nach innen von der Eintrittsstelle der hinteren Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines, so wird die willkührliche und die Reflexbewegung von diesem gelähmt. Ging da-

---

[1]) Van Deen, Traité et Découvertes etc. p. 66.
[2]) Stilling, a. a. O. S. 151.
[3]) De functionibus nervorum. p. 98. 99. Van Deen, Traité et Decouvertes. p. 66. Stilling, a. a. O. S. 153.
[4]) Van Deen, a. a. O. p. 186. 187. Stilling, a. a. O. S. 300.
[5]) Stilling, a. a. O. S. 162.
[6]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 553. 54.

gegen der Schnitt etwas weiter nach innen hin, so kann sich die Möglichkeit der Reflexerscheinungen erhalten.

Fassen wir die Endergebnisse der §. §. 4443 bis 4449 erwähnten 4450
Versuche zusammen, so dürfen wir schließen, daß die in das Rückenmark eintretenden Primitivfasern die Reflexerscheinungen wahrscheinlich nicht eher, als bis sie die graue Masse erreicht, haben vermitteln können. Jene vermag aber die Uebertragung möglich zu machen, wenn auch die sie umgebenden weißen Massen nach und nach an verschiedenen Orten vollständig durchschnitten wurden.

Wir haben früher gesehen, daß die den Eintrittsstellen der peripheri- 4451
schen Nervenfasern zunächst liegenden Gebiete des centralen Nervensystems die günstigsten Bezirke für die Reflexbewegungen liefern. Es wird daher das Rückenmark diese Rolle für die Rückenmarksnerven und das verlängerte Mark für den dritten bis zwölften Hirnnerven übernehmen. Manche Forscher[1]) haben daher die Ansicht aufgestellt, daß nur jene beiden Theile des centralen Nervensystems die Reflexbewegungen vermitteln. Die Verkleinerung des Sehloches, welche der Netzhautreizung nachfolgt, kann diese Anschauungsweise nicht beseitigen, weil die hier zum Vorschein kommende Uebertragung in den Vierhügeln, wie wir später sehen werden, zu Stande kommt. Sollte sich dagegen unzweifelhaft nachweisen lassen, daß die Geruchsnerven Reflexbewegungen anregen, so stände wenigstens so viel fest, daß centripetale Nerven, die das verlängerte Mark, so viel wir wissen, nicht berühren, Reflexbewegungen bedingen können.

Man überzeugt sich am Frosche mit Leichtigkeit, daß die Enthauptung 4452
die Empfänglichkeit für Reflexbewegungen für einige Zeit zu unterdrücken oder zu schwächen im Stande ist, daß sie aber in der Ruhe in immer größerem Maaße wiederkehrt. Kein Hautreiz führt oft zu Reflexerscheinungen in den ersten Augenblicken. Man erhält später deutliche, aber schwache Erfolge. Es tritt endlich ein Zeitpunkt ein, in dem schon leisere Reize die ausgedehntesten und kräftigsten Reflexbewegungen veranlassen. Der Kopf erholt sich im Allgemeinen eher, als der Rumpf und die Glieder des Thieres. Werden die Versuche zu früh begonnen und in zu kurzen Zeiträumen wiederholt, so geht auch die Empfänglichkeit rascher zu Grunde. Hat sich diese geschwächt, so kann sie sich ebenfalls in der Ruhe, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, von Neuem erholen.

Säugethiere und Vögel führen zu ähnlichen Erscheinungen. Die Möglichkeit der Reflexbewegungen geht aber hier in erwachsenen Geschöpfen so schnell verloren, daß jede Spur von ihnen wenige Minuten nach dem Tode verschwunden ist. Sehr junge Hunde, Katzen, Kaninchen oder ältere Igel[2]), die sich im Winterschlafe befinden, bieten günstigere Verhältnisse dar.

---

[1]) Marshall Hall, On the Diseases etc. p. 51.

[2]) Marshall Hall, Abhandlungen über das Nervensystem. Aus dem Englischen mit Erläuterungen und Zusätzen von G. Kürschner. Marburg 1840. 8. S. 17 und 123.

Schneidet man den Kopf eines Frosches mit einem raschen Zuge ab, so zucken fast immer die Muskeln des Rumpfes und der Glieder. Die Hinterbeine werden meistentheils gestreckt. Sie verharren einige Zeit in ihrem Starrkrampfe oder zeigen ein Muskelzittern, das bisweilen vorzüglich am Oberschenkel in die Augen fällt. Sehr abgemagerte oder wenig reizbare Frösche können auch die rasche Enthauptung ohne auffallende Bewegung der Hinterbeine ertragen. Viele Thiere schließen die Augen. Der Rumpf springt eine Strecke weit fort. Er schwankt, rollt in anderen Fällen oder macht unzweckmäßige Bewegungen, Erscheinungen, die, wie wir später sehen werden, von dem Orte, an dem das centrale Nervensystem durchschnitten wurde, abhängen.

Hat sich der erste Sturm beruhigt, so liegt der Rumpf regungslos da. Hautreize führen ihn dann häufig zu keinen Reflexbewegungen. Gönnt man ihm keine Ruhe, fährt man mit den sensiblen Anregungen fort, so kann man es in manchen Fällen so weit bringen, daß auch in der Folge keine Reflexerscheinungen zu Stande kommen. Die Erholungszeit aber, die für den höchsten Grad der Empfänglichkeit nöthig ist, wechselt in bedeutendem Umfange. Sie beträgt bisweilen 3 bis 10, bisweilen auch 15 bis 30 Minuten.

Liegt der Rumpf mit gebogenen und angezogenen Hinterbeinen, so bewahrt er diese Stellung, so lange ihn nicht äußere Veranlassungen zu Reflexbewegungen anregen. Waren dagegen die Hinterfüße gestreckt, so verharren sie meist eine Zeit lang in dieser Lage. Sie werden aber später größtentheils, doch keineswegs immer in die oben beschriebene Stellung ohne äußere Ursache plötzlich gebracht [1]). Bedeckt man den Rumpf mit einer Glasglocke und bewahrt ihn vor Erschütterungen, so behält er jene einmal angenommene Lage für immer bei [2]). Wir können hieraus schließen, daß die unnatürlichere Streckung der Hinterbeine mit der natürlicheren Beugung vertauscht wird, so wie sich das Rückenmark bis zu einem gewissen Grade erholt hat. Wird dieser nicht erreicht, so wird auch die Streckung bis zu dem völligen Tode des Ganzen beibehalten. Wir sehen dieses überdies in den Fällen, in denen die vordere Hälfte des Rückenmarkes abgetragen und nur die letzten Wirbel mit den Hinterbeinen verbunden geblieben sind.

Gönnt man dem Präparate die nöthige Ruhe, so nimmt der Bezirk der Reflexbewegungen nach und nach immer mehr zu. Drücken wir die rechten Hinterzehen, so wird im Anfange nur das rechte Hinterbein an den Leib angezogen. Wiederholen wir den Versuch einige Zeit später, so betheiligen sich auch die Muskeln des anderen Beines, des Rumpfes oder der Vorderfüße. Warten wir noch länger, so springt das Ganze fort oder es verfällt in eine Reihe von stürmischen ungeordneten Bewegungen.

Ein Säugethier oder ein Vogel, der rasch enthauptet wird, pflegt keine lang anhaltenden Krämpfe darzubieten. Kaninchen oder Katzen schlagen bisweilen mit ihren Füßen und Vögel mit ihren Flügeln. Die Kaninchen rollen hin und wieder um die Längenachse ihres Rumpfes. Es kommt aber zu keinen zusammenhängenden Gangbewegungen oder zu anderen geordneten Verkürzungserscheinungen. Wird ein Mensch enthauptet, so pflegen der Rumpf und die Extremitäten ruhig zu bleiben. Diese machen höchstens schwache, hin und hergehende Seitenbewegungen. Der abgeschlagene Kopf führt zu auffallenderen Erscheinungen. Es verzerren sich nicht selten die Gesichtsmuskeln, die Augen rollen hin und her, die Zunge zittert, sie kann selbst zur Mundöffnung vorgestoßen werden. Der Unterkiefer geht auf und nieder, so daß man bisweilen das Klappen der Zähne zu hören vermag. Die Halsmuskeln, die der Streich durchschnitten hat, zittern oft eine halbe Stunde und länger von selbst fort.

Der Rumpf enthaupteter Säugethiere bleibt in der Regel ruhig liegen, bis alle Reizbarkeit verschwunden ist. Es kommt aber auch hier bisweilen vor, daß ein zu stark gestrecktes Hinterbein an den Leib angezogen wird.

4453 **Die Füße des Frosches können nicht bloß durch Reize, die ihre eigene Haut treffen, sondern auch durch Anregungen entfernterer Theile zu Reflexbewegungen gezwungen werden. Faßt man die Bauchhaut, ein**

---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1838. S. 17. 18. Budge, Untersuchungen. Heft II. S. 199.

[2]) Kürschner, a. a. O. S. 130.

Darmstück, eine Stelle des Gekröses, des Hodens, des Eierstockes, der Bauchfellfalte desselben oder selbst des Herzens mit der Pincette, so erhält man in günstigen Fällen die lebhaftesten Reflexerscheinungen in dem Rumpfe und den Gliedern. Ich machte ähnliche Beobachtungen an Kaninchen, die durch Erstickung getödtet worden. Ich sah in Einzelfällen Zuckungen eines oder beider Hinterbeine, wenn ich die Därme, das Gekröse, die Harnblase drückte oder auch nur mit dem Messerstiele rieb. Es ergiebt sich hieraus, daß Eingeweide, die von dem herumschweifenden und dem sympathischen Nerven versorgt werden, als Erreger der Reflexbewegungen der willkührlichen Körpermuskeln auftreten können, daß sich der Reiz von ihnen aus centripetal zum verlängerten Marke und dem Rückenmark fortpflanzt und die motorischen Fasern der rothen Verkürzungsgebilde in Thätigkeit setzt. Hat man das Rückenmark zerstört, so bleibt der Anspruch der Eingeweide eben so erfolglos, als der der äußeren Haut oder anderer Theile die von Hirn- oder Rückenmarksnerven unmittelbar versorgt werden.

Pickford [1]) fand, daß die Reflexbewegungen, welche die Extremitäten der Frösche nach der Reizung der Baucheingeweide darbieten, an die Anwesenheit des verlängerten Markes gebunden sind. Hat man nur das große und das kleine Gehirn entfernt, so bewegt sich der Rumpf auf das Lebhafteste, so wie die Eingeweide angesprochen werden. Dieser Erfolg bleibt dagegen in jedem Falle aus, wenn man zugleich das verlängerte Mark bei der Enthauptung fortgenommen. Trennt man es nur von dem Rückenmarke los, ohne den Kopf zu entfernen, so rufen noch der Schlund und der oberste Theil des Magens, nicht aber die übrigen Eingeweide Reflexbewegungen hervor. Schneidet man das Rückenmark der Quere nach an einer Reihe verschiedener Stellen durch, so bemerkt man, daß ein um so kleinerer und mehr nach dem After zu liegender Theil der Eingeweide keine Reflexbewegungen erzeugt, je weiter nach vorn die Verletzungsstelle des Rückenmarkes liegt. Hat man den Frosch mit Strychnin vergiftet, so zieht die Reizung der Eingeweide keine Starrkrämpfe des Rumpfes und der Glieder nach sich, das verlängerte Mark mag noch vorhanden sein oder nicht [2]).

Ich enthauptete einen Frosch zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel, so daß der größte Theil des verlängerten Markes am Rückenmarke blieb, und ließ dann den Rumpf eine Viertelstunde ruhen, bis das Kneipen der Bauchhaut die lebhaftesten Reflexbewegungen hervorrief. Oeffnete ich hierauf den Unterleib, so konnte ich heftige Zuckungen in den Hinterbeinen erhalten, so wie ich die dünnen Gedärme oder das Gekröse mit der Pincette zusammendrückte. Ich entfernte alsdann die beiden ersten Halswirbel mit dem in ihnen eingeschlossenen Theile des centralen Nervensystemes und gönnte dem Rumpfe die nöthige Ruhe von Neuem. Die Reizung des Magens, der Leber, des Dünndarmes, der mit Samen stark gefüllten Hoden und der oberen und der mittleren Gegend der Bauchdecken blieb dann erfolglos. Drückte ich dagegen die Blase oder den Mastdarm mit der Pincette zusammen, so erhielt ich Reflexbewegungen in den Hinterbeinen.

Wiederholte ich den Versuch in anderen Fröschen, so fand ich im Allgemeinen ähnliche Ergebnisse. Es kam mir aber ein Mal vor, daß ein Rumpf, dessen vordere Schnittfläche an dem oberen Rande des dritten Wirbels lag, Reflexbewegungen der Hinterfüße nicht bloß nach der Reizung der Blase und des Dickdarmes, sondern auch nach der der dünnen Gedärme lieferte. Man muß übrigens in allen diesen Versuchen nicht außer Acht lassen, daß oft der Nahrungskanal enthaupteter Frösche das erste Mal gehörig antwortet, alle folgenden Male dagegen versagt, wenn auch keine weitere Verletzung einge-

[1]) Pickford, in Roser und Wunderlich's Vierteljahrsschrift. Bd. II. Stuttgart 1843. 8. S. 420.
[2]) Pickford, a. a. O. S. 430.

leitet worden. Frösche, die lange gehungert haben, führen leichter zu verunglückten Beobachtungen, als kräftige und kurz vorher eingefangene Thiere.

Hatte de Martino [1]) die Frösche unterhalb des Armnerven, mithin in der Gegend des dritten Wirbels enthauptet, so konnte er noch Reflexbewegungen der Hinterbeine hervorrufen, wenn er die Innenfläche des Nahrungskanals, die brünstigen Hoden oder Eierstöcke, die Gekrösnerven, das Samen- oder Nierengeflecht, die Lendenknoten des sympathischen Grenzstranges oder die Verbindungsstränge desselben mit den Rückenmarksnerven reizte. Waren die Thiere mit Strychnin vergiftet, so zeigten sich nach diesem Forscher meistentheils stärkere Reflexbewegungen, so wie man den Darm ansprach.

4454 Die Art und Weise, wie eine Hautoberfläche gereizt wird, kann einen wesentlichen Einfluß auf den Erfolg ausüben. Ein anhaltendes Kitzeln, mithin eine häufige Wiederholung verhältnißmäßig leiser Eindrücke, führt oft zu den lebhaftesten Wirkungen. Berührt man die eine Hinterzehe eines enthaupteten Frosches vorsichtig, so ereignet es sich bisweilen, daß man gar keine oder nur beschränkte Reflexbewegungen erhält. Wiederholt man aber den Versuch mit einem stärkeren Drucke, so kann man hierdurch allgemeine Bewegungen hervorrufen. Befeuchtet man die Schwimmhaut mit Salpetersäure, so stößt man nicht selten auf günstigere Erfolge, als wenn man sich nur auf mechanische Anregungen beschränkt.

4455 Es ist häufig nicht gleichgültig, welche Theile der Haut zu diesen Versuchen gewählt werden. Befindet sich der Rumpf des enthaupteten Frosches auf der größten Höhe der Empfänglichkeit, so kann wahrscheinlich jede Hautstelle Reflexbewegungen veranlassen. Die Ausdehnung und die Stärke, mit der sie auftreten, wechselt aber dann in auffallendem Maaße. Drückt man die Bauchhaut zusammen, so wehrt sich das verstümmelte Thier auf das Heftigste. Es stößt seine Zehen gegen den reizenden Körper oder sucht in einem kräftigen Satze fortzuspringen. Kneipt man die Zehen selbst, so bemüht sich das Präparat den Angriffen zu entfliehen. Die Wirkung, die wir hier erhalten, fällt aber oft schon schwächer, als nach dem Anspruche der Bauchhaut aus. Wendet man sich an die Haut des Ober- oder des Unterschenkels, so findet man, daß hier die Reflexthätigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen geringer ausfallen und nicht selten gänzlich hinwegbleiben. Führt ein auf sie ausgeübter Druck zu keinen allgemeineren Reflexerscheinungen, so gelangt man noch häufig zum Ziele, wenn man die Gegend des Fuß- oder des Kniegelenkes heftig zusammenpreßt.

4456 Manche Häute pflegen eigenthümliche Gegenwirkungen anzuregen. Halten wir uns an die Verhältnisse des lebenden Körpers, so führt der Kitzel der Zungenwurzel, des weichen Gaumens oder des Schlundes zu Schluck- oder Brechbewegungen, die Reizung der Innenhaut des Kehlkopfes und der Luftröhre zu Husten, die der Nasenschleimhaut zu Niesen, der Blase und des Mastdarmes zu Anstrengungen der Bauchpresse. Hat man ein Säugethier durch einen Schlag auf den Kopf oder durch Erstickung getödtet, so giebt es einen dem Lebensende bald folgenden Zeitraum, in

---

[1]) A. de Martino, Esperienze su i movimenti riflessi del sistema muscolare voluntario determinati dalle irritazioni del gran simpatico. Napoli 1846. 4. p. 3—6.

dem ein kräftiger Hautreiz eine tiefe Einathmung nach sich zieht. Trennte ich dann z. B. die Brust- oder Unterleibshaut von Hunden, so wurde der Brustkasten auffallend erweitert. Kaninchen öffneten nicht selten den Mund, wie während einer angstvollen Einathmung. Drückt man die Zehen enthaupteter Frösche mit hinreichender Kraft, so kommen Streckbewegungen eher zum Vorschein.

Man kann sich häufig überzeugen, daß die Lage der Anspruchsstelle 4457
einen wesentlichen Einfluß auf den Erfolg ausübt. Befindet sich das enthauptete Froschpräparat auf der mittleren Stufe der Empfänglichkeit, so verrathen sich diese Beziehungen am Leichtesten. Kneipt man die Haut in der Gegend des Brustbeines, so werden die Vorderbeine gerade nach innen geführt, als wenn sie die Reizungsstelle berühren wollten. Wiederholt man den Versuch weiter nach hinten, so bleiben sie ruhig oder sie wenden sich ebenfalls nach hinten. Die Hinterbeine dagegen drehen sich nach vorn, spreizen ihre Schwimmhäute aus, und suchen sich zu wehren, oder den Reiz zu entfernen. Prüfen wir endlich die Rückenhaut, so wenden sich die Vorderbeine in günstigen Fällen nach hinten oder nach innen und die Hinterfüße nach vorn und oben. Eine enthauptete Eidechse bewegt nicht selten ihre vorderen Extremitäten, so wie man den vorderen, und die hinteren, so wie man den hinteren Theil ihrer Bauchhaut anspricht [1]).

Obgleich die von ihrer Haut entblößten Körpermuskeln die kräftigsten 4458
Reflexbewegungen unter günstigen Bedingungen hervorrufen können, so eignen sie sich doch hierzu in der Regel weniger, als die Hautgebilde. Enthäutet man einen Froschrumpf, so bleibt fast immer ein leiser mechanischer Reiz, der den Wadenmuskel trifft, unbeantwortet. Drückt man ihn dagegen oder noch besser die Zehen kraftvoll zusammen, so kann das Präparat fortspringen, sobald es sich in dem Zeitraume der größten Empfänglichkeit befindet. Das Betupfen mit Essigsäure versagt hier eher, als an den äußeren Körperbedeckungen.

Hält man sich an die Ergebnisse, welche die Extremitätennerven liefern, so kann man im Allgemeinen behaupten, daß die Haut leichter zu Reflexbewegungen führt als die Nervenstämme, in denen die empfindenden Primitivfasern derselben verlaufen. Das obere Endstück des vorher durchschnittenen Hüftnerven versagt sehr häufig, wenn die Reizung der Zehenspitzen lebhafte Sprungbewegungen verursacht. Es kann jedoch auch das Umgekehrte ausnahmsweise vorkommen.

Die Zweige des sympathischen Nerven führen häufig zu Reflexverkür- 4459
zungen der rothen Körpermuskeln. (§. 4453.) Joh. Müller [2]) bemerkte schon, daß sich die Bauchmuskeln des Kaninchens zusammenzogen, so wie er den Eingeweideast (N. splanchnicus) dicht nach innen von der Nebenniere reizte. Ich sah ein Mal das Gleiche in einem ähnlichen Versuche und bemerkte es mehrere Male, wenn ich den Lendentheil des Grenzstranges des sympathischen Nerven angesprochen hatte. Man kann im Frosche

[1]) Vergl. Kürschner, a. a. O. S. 142 — 44. Paton, a. a. O. S. 263.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. Bd. I. Vierte Auflage. Coblenz 1844. 8. S. 616.

Reflerbewegungen der Rumpf- und Extremitätenmuskeln leicht erzeugen, wenn man einen Darmnerven oder den sympathischen Grenzstrang zusammendrückt. Es ist mir hierbei vorgekommen, daß die Reizung eines Dünndarmstückes unbeantwortet blieb, die des entsprechenden, im Gekröse verlaufenden Nervenstammes dagegen heftige Gegenwirkungen veranlaßte[1]).

4460 Es gelingt nicht selten, manche Theile zu eigenthümlichen Reflerbewegungen zu zwingen, so wie man Nachbarstücke, die von dem gleichen Nervenstamme versorgt werden, anspricht. Drückt man z. B. den Kehlkopf lebender Kaninchen zusammen, so wird nicht bloß dieser von seiner Stelle verrückt, sondern auch häufig die Speiseröhre zu den heftigsten Schluckbewegungen genöthigt. Die mechanische Reizung des oberen Kehlkopfnerven kann den gleichen Erfolg nach sich ziehen.

4461 Drückt man die Zehe des Hinterfußes eines enthaupteten Frosches während der größten Empfänglichkeit mehrere Secunden lang unausgesetzt zusammen, so strecken sich die Hinterbeine. Der Rumpf sucht gleichsam auf diese Weise dem Eingriff zu entfliehen. Es wiederholen sich dann Beugung und Streckung mehrere Male mit Heftigkeit. Es gesellen sich noch andere wechselnde Körperbewegungen hinzu. Stellt man den Versuch an der Unterleibshaut an, so werden die Hinterbeine gegen diese angezogen. Sie verharren in dieser Stellung eine oder mehrere Secunden. Die Schwimmhäute bleiben oft indeß ausgespannt. Die Füße kehren dann wieder in ihre frühere Lage zurück und stoßen später von Neuem gegen den anregenden Körper. Wir sehen mit einem Worte, daß eine Reihe fortgesetzter Empfindungsreize eine Menge wechselnder Bewegungen hervorruft. Hält sich die Empfänglichkeit des Präparates auf einer niederen Stufe, so antworten häufig die Muskeln nur in den ersten Augenblicken der Anregung. Es kann umgekehrt vorkommen, daß der Hinterfuß eines enthaupteten Frosches eine Hautstelle, die nicht mehr zusammengedrückt wird, einige Secunden zu reiben fortfährt.

4462 Hat man das große und das kleine Gehirn eines Säugethieres entfernt, so erhält man auffallend heftigere Reflerbewegungen, als im unversehrten Zustande. Betupft man die Nasenschleimhaut eines auf diese Weise verstümmelten Kaninchens mit kaustischem Salmiakgeist, so wehrt es sich nicht nur lebhafter, sondern schreit auch laut auf[2]). Haben sich die enthaupteten Frösche von dem Eingriffe, der sie getroffen, erholt, so beantworten sie viele Hautreize mit stürmischeren Bewegungen, als die lebenden Thiere. Schlafende Menschen können ebenfalls leichter zu Reflerthätigkeiten gezwungen werden.

Wir haben schon Bd. I. §. 535 — 37 gesehen, daß sich der dem Reize der Luft preisgegebene Dünndarm lebender Säugethiere wenig oder gar nicht bewegt, daß hinge-

---

[1]) De functionibus nervorum. pag. 96. Kürschner, a. a. O. S. 136.

[2]) D. F. Eschricht, Ueber das Verhältniss der unwillkührlichen Lebensäusserungen zu den willkührlichen und über ihre Abhängigkeit von dem Nervensysteme. Kopenhagen 1846. 8. S. 22. 23.

gen der Nahrungskanal getödteter Kaninchen die lebhafteste Peristaltik unter den gleichen Verhältnissen darbietet. Es läge daher die Voraussetzung nahe, daß wir es hier mit einer Reflexwirkung, die erst durch die Unthätigkeit des Gehirns preisgegeben wird, zu thun haben, daß mithin die Luft die empfindenden Primitivfasern zuerst anregt. Ein Versuch, den ich in diesem Sinne anstellte, unterstützt aber jene Vermuthung nicht. Ich tödtete ein dreimonatliches Kaninchen durch Umschnürung der Luftröhre, schnitt dann den Kopf los und führte einen rothglühenden Drath drei Mal hinter einander längs der Wirbelsäule bis zu dem Schwanztheile derselben hin, so daß ich der Zerstörung des Rückenmarkes bis zu jener Gegend sicher war. Die Muskeln der Extremitäten und des Bauches zuckten auch nur, als der Drath das erste Mal durchgeführt wurde. Ich öffnete dann den Unterleib mit möglichster Vermeidung einer jeden mechanischen Erschütterung. Die dünnen Gedärme boten aber dessenungeachtet die lebhafteste Wurmbewegung dar. Diese dauerte lange fort und wechselte wie in Thieren, deren Rückenmark nicht zerstört worden. Die Wellen schienen höchstens vielleicht etwas träger an einzelnen Orten in manchen Augenblicken fortzuschreiten. Ein anderer sicherer Unterschied konnte in keiner Weise nachgewiesen werden. Schnitt ich eine Dünndarmschlinge dicht an dem Gekröse ab, entfernte sie aus dem Unterleibe und drückte sie an einer Stelle mit der Pincette zusammen, so pflanzte sich die langsamere und schwächere Bewegung sehr deutlich peristaltisch fort. Ich würde diesen Versuch für entscheidend halten, wenn sich mit Sicherheit annehmen ließe, daß die durch die Zerstörung des Rückenmarkes angeregten Darmbewegungen bei der Eröffnung des Unterleibes überall verschwunden waren. Es unterlag dagegen keinem Zweifel, daß sie der Einfluß der Atmosphäre trotz der Unthätigkeit des Rückenmarkes beträchtlich verstärkt hatte.

Da die Reflexbewegungen, welche der Rumpf und die Glieder der 4463
enthaupteten Thiere darbieten, den Schein der Zweckmäßigkeit häufig an sich tragen, so haben manche Forscher angenommen, daß das Rückenmark noch ein gewisses bewußtes Wahrnehmungsvermögen hat, daß gleichsam der Sitz der Willkührerregungen der Seele dem Gehirn nicht ausschließlich angehört. Eine genauere Betrachtung der Verhältnisse tritt aber dieser Auffassungsweise entgegen. Hat der Rumpf eines enthaupteten Frosches seine Hinterbeine an den Leib gezogen, so bewahrt er diese Stellung bis zum Verschwinden der Reizbarkeit, so wie man ihn vor allen äußeren Eingriffen schützt. Er macht keine Bewegungen, die auf eine Spur eines Willenseinflusses hindeuten. Wenn eine enthauptete Schlange in Wellenbiegungen auf dem Boden fortkriecht, so rührt dieses nur davon her, daß die Krümmung der einen Seite die Haut der entgegengesetzten anspannt und so den nächstfolgenden Empfindungsreiz hervorruft. Hängt man das Präparat in der Luft auf oder hält man den abgehauenen Schwanz einer Eidechse im Freien, so kehren ähnliche Erscheinungen wieder.

Wenn auch das Hinterbein des enthaupteten Frosches die Hautstelle, die mit einer Säure betupft worden, zu reinigen oder den Körper, der mechanisch reizt, fortzustoßen scheint, so darf man sich hierdurch nicht täuschen lassen. Man wird häufig bemerken, daß die zu Stande kommenden Einzelbewegungen nichts weniger, als zweckmäßig sind und daß diese von dem Orte der Reizung in hohem Grade abhängen. Springt der enthauptete Frosch fort, so rührt es nur von der plötzlichen Streckung der Hinterbeine her. Die untergeordneten Verhältnisse unterscheiden sich aber von denen, welche bei dem Sprunge des lebenden Thieres auftreten.

Es hängt endlich von dem Willen des unversehrten Frosches ab, ob

er einen Hautreiz beantwortet oder nicht. Der enthauptete Rumpf erwiedert diesen Eingriff immer mit Reflexbewegungen, die dem Empfänglichkeitsgrade des Rückenmarkes entsprechen[1]). Es erklärt sich auch hieraus, weshalb wir durch einen Nadelstich nur dann zum Auffahren gebracht werden, wenn er uns unvermuthet trifft, warum wir das Lachen und die Gegenbewegungen, die sonst das Kitzeln erregt, durch die Kraft unseres Willens unterdrücken können und weshalb Schlafende, Gelähmte oder Nervenfieberkranke ein günstigeres Feld den Reflexbewegungen darbieten.

Die enthaupteten Frösche führen zu manchen eigenthümlichen Erscheinungen, deren Ursachen noch nicht genauer bekannt sind. Es werden in der Regel die Oberarme während oder kurz nach der Enthauptung an den Leib angezogen und die Vorderarme gebeugt, so daß die Hände und die Finger gegen einander gerichtet sind. Streckt man sie, so stößt man auf einen nicht unbedeutenden Widerstand. Läßt man sie dann frei, so kehren sie meist in ihre frühere Lage zurück und verharren in dieser bis zu dem Untergange aller Reizempfänglichkeit. Die Hinterbeine werden oft so angezogen, daß der Oberschenkel gegen den Unterleib, der Unter- gegen den Oberschenkel gewandt und die Schwimmhaut zusammengelegt ist. Sie lassen sich häufig kurze Zeit nach der Verletzung ohne Widerstand strecken und behalten dann die ihnen künstlich mitgetheilte Lage bei. Erholt sich aber die Empfänglichkeit wieder, so werden sie in der oben angeführten Weise gebeugt und verharren in dieser Stellung bis zum Aufhören der Reizbarkeit. Hat man das Rückenmark zerstört oder hinter dem fünften bis sechsten Wirbel durchschnitten, so fehlen diese Erscheinungen. Man kann die Beine in jede beliebige Lage bringen, ohne daß sie ihre Stellungsverhältnisse von selbst ändern. Wir müssen hieraus schließen, daß diese Bewegungen von dem Vordertheile des Rückenmarkes abhängen und daß in dieser Hinsicht die Beugung der Glieder auf günstigere Bedingungen, als die Streckung stößt.

Verfolgt man die Zeitverhältnisse genauer, so kann man sich überzeugen, daß die selbstständige Beugung nicht selten früher eintritt, als die Empfänglichkeit für die Reflexbewegung. Man erhält nämlich häufig Froschpräparate, in denen im Anfange die gestreckten Hinterbeine in dieser Lage verbleiben. Sind sie später von selbst angezogen worden, so kehren sie dann meistentheils, so wie sie gestreckt werden, in ihre Beugung zurück. Es kann aber vorkommen, daß Hautreize noch keine allgemeineren oder örtlichen Reflexbewegungen zu dieser Zeit hervorrufen. Sie kommen erst später, wenn sich das Rückenmark vollständiger erholt hat, zum Vorschein.

4464 Mit quergestreiften Muskelfasern versehene Theile, die dem Willenseinflusse unter den gewöhnlichen Verhältnissen entzogen sind, können durch Hautreize zu Reflexbewegungen gezwungen werden. Die Schling- oder Brechanstrengungen, die den Kitzel der Nasenschleimhaut begleiten, erhärten dieses am Einfachsten. Reizte Joh. Müller[2]) die Hinterbeine einer enthaupteten Schildkröte, so zogen sich nicht bloß diese, sondern auch die hinteren Lymphherzen zusammen.

4465 Da die Samengänge, die Eileiter und die Gebärmutter der Säugethiere in Folge von Anregungen, welche die Haut des männlichen Gliedes oder die Schleimhaut der Scheide treffen, bewegt werden können (S. 476.), so ergiebt sich von selbst, daß unwillkührliche Organe, die mit einfachen Muskelfasern versehen sind, Reflexbewegungen, die von entsprechenden empfindenden Hautflächen ausgehen, darbieten. Man über-

[1]) Vgl. R. D. Grainger, Observations on the Structure and Functions of the Spinal Cord. London 1837. 8. p. 55 fgg. De functionibus nervorum. p. 97. Kürschner, a. a. O. S. 134. 139. 162.

[2]) Joh. Müller, in seinem Archiv. 1840. S. 3.

zeugt sich aber auch am Frosche, daß sich der Magen, der Darm und das Herz unter günstigen Verhältnissen verkürzen, wenn man die Haut der Hinterbeine anspricht. Es können daher die Eingeweide die rothen Körpermuskeln und umgekehrt die Zehenhaut den Magen und den Darm zu Reflexthätigkeiten zwingen.

Gesunde Frösche lassen häufig einen Flüssigkeitsstrahl, so wie man sie anfaßt, aus dem After hervortreten. Hat man die Thiere enthauptet, und sind selbst ihre Blase und ihr Mastdarm gefüllt, so bieten sie doch jene Erscheinung nach Kürschner[1]) auf dem Wege des Reflexes nicht mehr dar. Reize, die selbst die Haut in der Umgebung des Afters treffen und die heftigsten Bewegungen der Glieder veranlassen, bleiben in jener Hinsicht erfolglos.

Will man die Reflexbewegungen des Magens und des Darmes, die sich von der Fußhaut aus anregen lassen, nachweisen, so muß man Präparate wählen, in denen die Gliedermuskeln selbst ruhig bleiben, weil sonst die hierdurch bedingte Erschütterung jedes Ergebniß zu verdächtigen im Stande ist. Da diese Art von Beobachtungen seltener gelingt, so will ich zwei Einzelfälle beispielsweise genauer anführen.

Ich hatte das Gehirn und die Vorderhälfte des Rückenmarkes in einem großen grünen Grasfrosche bloßgelegt. Der Eingriff und die mit ihm verbundene Blutung erschöpften das Thier in hohem Grade. Es lag wie scheintodt da. Da ich es deshalb zu keinem anderen Versuche gebrauchen wollte, so enthauptete ich es und öffnete vorsichtig den Unterleib, so daß das Magen- und das Darmgekröse völlig unversehrt blieben. Drückte ich nun eine Hinterzehe zusammen, so erhielt ich keine Bewegungen im Rumpfe oder in den Gliedern. Es zeigten sich aber die lebhaftesten Reflexbewegungen in dem Magen und in einzelnen Stellen des Dünndarmes. Wartete ich, bis sich diese Theile vollkommen beruhigt hatten, so gelang der Versuch von Neuem. Ich konnte ihn auf diese Art sechs Mal wiederholen. Versagte endlich der auf die Zehen ausgeübte Druck, so führte der Anspruch des Fuß- oder des Kniegelenks zu dem früheren Ergebnisse. Der mit Flüssigkeit gefüllte Magen zeigte hierbei zweierlei Bewegungsarten. Er schnürte sich an mehreren Stellen tief ein, so daß bedeutende Furchen zum Vorschein kamen, oder er verengerte sich in seiner Cardiahälfte zu einem schmalen Rohre, das sich in der Ruhezeit von Neuem erweiterte und abflachte. Gleichzeitige Bewegungen der Ueberreste der Kehlmuskeln kamen nicht zum Vorschein. Der Darm verkürzte sich im Anfange ringförmig. Die Wurmbewegung ging dann 1 bis 1½ Centimeter weiter. Diese Erscheinungen zeigten sich an Darmschlingen, die vom Magen entfernt lagen. Die Veränderungen folgten im Anfange dem Hautreize auf der Stelle nach. Es verging aber später eine etwas merkliche Zwischenzeit zwischen dem Hautreize und der Reflexerscheinung.

Ein anderer Versuch kann das Gleiche für das Herz anschaulich machen. Ich hatte einen kleinen grünen Grasfrosch in Aetherdunst völlig betäubt und in diesem Zustande mit salpetersauerem Strychnin vergiftet. Als ein auf die Zehen ausgeübter Druck keine Verkürzung mehr in den freien Körpermuskeln hervorrief, öffnete ich die Unterleibshöhle. Die Vorkammern und die Kammer des unbeweglichen Herzens waren strotzend mit Blut gefüllt. Drückte ich nun die Gegend des linken Fußgelenkes zusammen, so folgte ein Herzschlag auf der Stelle nach. Das Herz kehrte aber dann zu seiner Ruhe zurück. Wiederholte ich den Versuch an dem rechten Hinterbeine, so erhielt ich abermals einen einzelnen Herzschlag, dem wiederum Ruhe nachfolgte. Das Herz klopfte einige Zeit später langsam von selbst fort. Drückte ich die Vorder- oder die Hinterzehen in der längeren Pausenzeit stark zusammen, so konnte ich dessenungeachtet keine Wirkung erzielen. Bestrich ich dagegen die Haut der Vorderzehen mit Schwefelsäure, so ereignete es sich mehrere Male, daß ein kräftiger Herzschlag sogleich auftrat.

Reibt man die Bindehaut eines lebenden Menschen, so ergießt sich 4466
eine größere Menge von Thränen. Bringt man einen scharfen Körper auf die Zunge, so fließt mehr Speichel im Munde zusammen. Wir sehen

[1]) Kürschner, a. a. O. S. 140. 41.

in beiden Fällen, daß auch die Drüsengänge reflectorisch antworten. Die von Kürschner[1]) beobachtete Thatsache, daß sich die Haut enthaupteter Frösche, die zu Reflexbewegungen angeregt worden waren, mit einer schaumigen Flüssigkeit überzogen hatte, gehört wahrscheinlich ebenfalls hierher. Man kann kaum annehmen, daß jene Mischung nur nebenbei durch die Muskelverkürzungen herausgepreßt worden.

4467 Reflexempfindungen. — Eine Reihe von Erscheinungen, die größtentheils krankhaften Verhältnissen angehören, führte Stromeyer[2]) zu der Voraussetzung, daß die Thätigkeit der Bewegungsnerven Empfindungen zu veranlassen vermag. Angestrengtes oder lange fortgesetztes Nahesehen erzeugt häufig ein drückendes oder überhaupt ein unangenehmes Gefühl in den Augenlidern, dem Auge oder der Augenhöhle und übermäßiges Gehen Schmerz in den Muskeln, vorzüglich des Oberschenkels. Die Gebärmutterzusammenziehungen werden von den lebhaftesten Wehen begleitet. Manche Forscher[3]) berufen sich auch in dieser Hinsicht auf das Seitenstechen nach angestrengtem Laufen und das Kratzen in der Kehle nach langem Sprechen oder Singen. Menschen, die an Gesichtsschmerz leiden, haben häufig stärkere Anfälle bei dem Kauen, dem Lachen, dem Sprechen und Kranke, die von Hüftweh gequält werden, bei dem Stehen oder Gehen. Das abgewichene Auge der Schielenden bietet häufig einen merklichen Grad von Lichtscheu dar.

Keine dieser Thatsachen nöthigt unbedingt zu der Annahme von Reflexempfindungen. Die angestrengte Bewegung der Muskeln kann den Blutlauf und die Ernährungsverhältnisse derselben so sehr ändern, daß die ihnen angehörenden oder die sie durchsetzenden Empfindungsnerven Schmerz erregen. Der Wechsel ihres Umfanges und die Zerrung der Nachbartheile, welche die Verkürzung begleiten, wären im Stande, empfindliche Nervenstämme, die sich in ihrer Nähe befinden und die ohnedies schon eine regelwidrige Empfänglichkeit darbieten, zu reizen. Die Schwachsichtigkeit des nach innen schielenden Auges, das Bemühen die Doppelbilder zu beseitigen, könnte von der Lichtscheu desselben Rechenschaft geben.

4468 Eine andere Grunderscheinung, die von manchen Wundärzten beobachtet worden, würde eher die Möglichkeit der Reflexempfindungen andeuten. Es kann nämlich vorkommen, daß ein Muskel, der regelwidriger Weise verkürzt ist, fortwährende Schmerzen in benachbarten Gebilden, die nicht unmittelbar gedrückt werden, unterhält. Die Muskeldurchschneidung beseitigt dann die regelwidrigen Empfindungen. Sie soll sogar auch sensible Lähmungen herbeiführen, oder wenn sie vorhanden sind, in gewissen Fällen aufheben können.

Wenn ein Mensch an freiwilligem Hinken zu leiden anfängt, so finden sich häufig so starke Schmerzen im Oberschenkel und vorzüglich im Kniee ein, daß man die Krankheit

---

[1]) Kürschner, a. a. O. S. 153. 54.

[2]) L. Stromeyer, Ueber Paralyse der Inspirationsmuskeln. Hannover 1836. 8. S. 90. Göttinger gelehrte Anzeigen. 1836. 8. S. 689 — 720 und De combinatione actionis nervorum et motoriorum et sensoriorum. Erlangae 1839. 8. S. 2 — 18.

[3]) J. Henle, Handbuch der rationellen Pathologie. Zweite Aufl. Braunschweig 1846. 8. S. 211. 12.

in das Knie- und nicht in das Hüftgelenk zu versetzen versucht wird. Sind die Beuger des Oberschenkels (Psoas und Iliacus internus) übermäßig angespannt, so tritt jene Täuschung nach Stromeyer am Leichtesten hervor. Sie kehrt auch nach ihm in anderen Leiden, in denen die Beugemuskeln (Psoas, Iliacus internus, Pectineus, Sartorius) das Gleichgewicht gestört haben, wieder. Der Oberschenkel von Kranken, die an dem Hüftleiden der Alten (Malum coxae senile) darniederliegen, ist nicht gebeugt, sondern gestreckt. Der Schmerz wird hier nicht im Kniee, sondern an der Hinterseite des Oberschenkels bis nach der Kniekehle hinab wahrgenommen.

Einzelne Menschen litten an so heftigen Schmerzen in dem Ellenbogen- oder dem Kniegelenke, daß sich die Wundärzte zur Absetzung des Oberarmes oder des Oberschenkels verleiten ließen. Die Gelenke boten aber nur geringe Entartungen, welche die furchtbaren Leiden nicht erklärten, dar. Es kehrten auch die Schmerzen in dem vernarbten Stumpfe wieder. Mochte man dann die Nerven desselben von Neuem lostrennen oder eine abermalige Amputation des Oberarmes oder des Oberschenkels vornehmen, so blieb doch die Qual hartnäckig zurück. Erst die Ausschälung aus dem Schulter- oder dem Hüftgelenke soll diese beseitigt haben [1]).

Wir werden in der allgemeinen Nervenphysiologie sehen, daß die Entartung der hinteren Wurzeln der Nerven eines Gliedes die furchtbarsten Schmerzen in diesem erzeugen kann. Wird es abgesetzt, so erhält sich die Qual, weil die Ursache selbst immer noch fortdauert. Läge diese Thatsache der eben erwähnten Erscheinung zum Grunde, so ließe sich nicht einsehen, weshalb der Schmerz erst nach der Heilung der Amputationswunde von Neuem auftreten und mit der Ausschälung aus dem Rumpfgelenke gänzlich schwinden sollte. Froriep glaubte daher annehmen zu müssen, daß eine krankhafte Verkürzung einzelner Muskeln die Schmerzensempfindungen auf dem Wege der Uebertragung erzeugt. Die zuletzt erwähnten Nebenverhältnisse könnten hierdurch eher erklärt werden.

Es fehlt noch an hinreichend vollständigen Beobachtungen, um ein hinreichend sicheres Urtheil in dieser Hinsicht zu fällen. Mayo führt eine Krankengeschichte an, in der Knochenplättchen die hinteren Nervenwurzeln bedeckten. Man sieht, daß diese Erfahrung keine genügende Erklärung möglich macht. Läge eine krankhafte Verkürzung der Erscheinung zum Grunde, so ließe sich erwarten, daß die Trennung der zusammengezogenen Muskeln die Qualen beseitigen werde. Chirurgische Erfahrungen haben diesen Punkt noch nicht entschieden.

Es ereignet sich, daß die krampfhafte Zusammenziehung der Schließmuskeln, die an der Afterspalte angebracht sind, von den heftigsten Schmerzen begleitet wird. Die Durchschneidung jener Verkürzungsgebilde beseitigt die qualvollen Empfindungen. Es frägt sich jedoch, ob nicht hierbei die mechanischen Einwirkungen, welche die sensiblen Nerven betroffen haben, aufgehoben oder diese selbst durchschnitten worden sind.

Hatte Stromeyer die Sehnen der beiden Fingerbeuger in der Mitte des ersten Gliedes getrennt, so bemerkte der Kranke sogleich, daß er seinen Finger nicht fühle. Ein Anderer, der sich in dem gleichen Falle befand, unterschied dessenungeachtet zwei in einer gewissen Entfernung auf die Finger gesetzten Zirkelspitzen als gesonderte Punkte (§. 4173.). Reißt die Achillessehne in Folge einer zufälligen Verletzung oder wird sie von dem Wundarzte absichtlich durchschnitten (Bd. II. Abth. I. S. 329.), so verringert sich nach Stromeyer die Tastempfindlichkeit der Haut oder des Fußes, sobald das Glied gut genähert ist. Die Erscheinung tritt aber in abgezehrten Gliedern in den Hintergrund [2]). Ich war nicht so glücklich, sie bei einem kräftigen und wohlgenährten jungen Manne wiederzufinden. Es frägt sich auch, welche Nervenverletzungen die Trennung der Achillessehne in Einzelfällen begleiten können.

Breuning [3]) giebt endlich an, daß die S. 436 erwähnte Lähmung der Gliedmaaßen mittelst der Durchschneidung der schwach angespannten Muskeln, vorzüglich der Beuger des Unterschenkels (Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus), geheilt zu werden vermag.

---

[1]) H. Mayo, Grundriss der speciellen Pathologie. Uebersetzt von F. Amelung. Abth. I. Darmstadt 1838. 8. S. 112.

[2]) Vergl. auch J. Heine, Physio-pathologische Studien aus dem ärztlichen Leben von Vater und Sohn. Eine Gedächtnißschrift für J. G. Heine, den Orthopäden. Stuttgart und Tübingen 1842. 8. S. 64.

[3]) J. v. Breuning, Wiederbelebung gelähmter Gliedmaaßen durch den Sehnenschnitt. Wien 1844. 8.

Einzelne Forscher glaubten sich noch in dieser Hinsicht auf die Thätigkeit der Sinne berufen zu können. Sie hoben hervor, daß die Verkürzung der inneren geraden Augenmuskeln und die Verengerung des Sehloches die Auffassung kleiner und naher Gegenstände erleichtert, daß die Thiere ihre Ohrmuskeln für das scharfe Hören in Anspruch nehmen, daß die Bewegungen der Nase das Riechen und die der Zunge das Schmecken begünstigen. Es sollte daher die Muskelbewegung die Feinheit der Sinnesnerven erhöhen. Wir haben aber in der Betrachtung der einzelnen Sinneswerkzeuge gesehen, daß alle diese Veränderungen nur günstige mechanische Bedingungen herbeiführen und so die Auffassung schwacher Eindrücke erleichtern.

4469 Nimmt man an, daß die Reflexempfindungen von der Uebertragung der Anregungen in dem centralen Nervensystem und nicht von den fremdartigen, oben erwähnten Nebenbedingungen abhängen, so kann man sich die Erscheinung daraus erklären, daß die grauen Massen, welche die Bewegungsfasern beherrschen, ihren Zustand den benachbarten Empfindungsgebilden des centralen Nervensystems mittheilen. Der Eindruck, den diese veranlassen, wird dann nach den entsprechenden peripherischen Gebilden versetzt.

J. Heine [1]) versuchte die Verhältnisse unter einem anderen Gesichtspunkte aufzufassen. Kann ein Bewegungsnerv seine Kraft aus irgend einem Grunde in die Muskeln nicht entladen, so häuft sie sich in dem entsprechenden Centraltheile an, erregt die benachbarten Empfindungsbezirke und führt auf diese Weise Schmerzen herbei. Heine bezeichnet dieses Verhältniß mit dem Namen des Belastungsgesetzes.

Diese Auffassungsweise stößt auf manche Schwierigkeiten. Es ließe sich nach ihr erwarten, daß die Lähmung des Antlitznerven mit Gesichts- und die des Hüftnerven mit Gliederschmerz verbunden ist. Die Erfahrung bestättigt dieses aber weder für die Thiere, noch für den Menschen. Sollten die Empfindungen, welche angestrengte Muskelbewegungen nach sich ziehen, nicht von den §. 4467 angeführten Ursachen, sondern von einer Uebertragungsthätigkeit des centralen Nervensystemes herrühren, so würde ein der Belastung entgegengesetzter Zustand den gleichen Erfolg, wie diese hervorrufen. Man müßte dann zu der Voraussetzung seine Zuflucht nehmen, daß die centralen Bewegungsgebilde mehr Kraft als sie im Augenblicke verbrauchen, durch die gleichzeitigen Ernährungserscheinungen gewinnen.

4470 Mitbewegungen. — Eine größere Menge von Muskeln wirkt meistentheils gleichzeitig oder kurz hinter einander in geordneter Reihenfolge. Diese Thätigkeitsverbindung gehorcht häufig einem Zweckmäßigkeitsplane, dessen sich das thierische Geschöpf nicht bewußt wird und der mithin von organischen Einrichtungen abhängen muß. Das Nervensystem verknüpft auch hier wiederum die zerstreuten Glieder zu einer passenden Einheitswirkung.

4471 Die große Reihe der Mitbewegungen, die wir in dem thierischen Körper antreffen, kann in drei verschiedene Gruppen zerfällt werden. Die eine bildet an und für sich eine Unvollkommenheit. Sie wird daher, wo es nöthig ist, durch Mühe und Uebung beschränkt. Die zweite gewährt umgekehrt gewisse Vortheile, die aber nicht zur Erhaltung des Lebens unerläßlich sind. Wir suchen uns daher sehr häufig die hierzu nöthigen Fertigkeiten zu bestimmten Zwecken anzueignen. Die dritte endlich kann

[1]) J. Heine, Physio-pathologische Studien. Stuttgart und Tübingen 1842. 8. Seite 93 — 101.

für manche Thätigkeiten nicht entbehrt werden. Sie ist deshalb angeboren und arbeitet automatisch durch die unwillkührlichen Einflüsse des Nervensystems.

Die Unvollkommenheit des Willensbefehles führt in der Regel zu 4472
der ersten Klasse von Mitbewegungen. Die meisten Menschen verrücken ihre Stirnhaut, so wie sie die Augenlider schließen wollen. Bemühen sie sich, die Nasenflügel möglichst emporzuheben oder ihr äußeres Ohr willkührlich zu bewegen, so verziehen sie zugleich verschiedene Theile ihres Gesichtes. Manche sind nicht im Stande, nur ein Auge zu schließen, andere nur ein Ohr zu bewegen. Wir können beide Arme mit Leichtigkeit gleichzeitig nach vorn oder nach hinten drehen. Soll aber die Radbewegung des einen Armes der des anderen entgegengesetzt sein, so stoßen wir auf größere Schwierigkeiten. Es ist vielen unmöglich, den Zeige- und den Mittelfinger einerseits und den Ring- und den kleinen Finger anderseits zusammenzuhalten und diese beiden Fingerpaare wechselseitig zu entfernen. Die nachdrückliche Kraft des Willens, die anhaltende Uebung vermag alle diese Unvollkommenheiten zu beseitigen.

Die Bewegungen, die das Kind allmählig erlernt, viele Turnkunst- 4473
stücke, einzelne musikalische Handgriffe fußen auf den umgekehrten Verhältnissen. Der Mensch gewinnt hierbei die Fertigkeit, Muskelthätigkeiten, die früher nur vereinzelt auftraten oder die sich selbst theilweise ausgeschlossen haben, auf das Zweckmäßigste zu verbinden.

Die dritte Gruppe der hierher gehörenden Erscheinungen umfaßt die 4474
gleichzeitige entsprechende Ortsveränderung beider Augen, die regelmäßige Reihenfolge der Schluckbewegungen, das Athmungsspiel, das Lachen, das Weinen, das Gähnen, das Niesen, das Husten, die gleichzeitigen Thätigkeiten der Kehlkopf- und der Brustmuskeln bei dem Schreien und der Stimmbildung überhaupt, die Verkürzung der verschiedenartigen Muskeln, welche die Harn-, die Samen-, die Stuhlentleerung oder das Erbrechen begleiten und die Bauchpresse, welche diese Thätigkeiten und die Ausstoßung der Leibesfrucht zu unterstützen vermag.

Die wenigsten Mitbewegungen lassen sich aus der Anordnung der 4475
Muskelmassen allein erklären. Man kann höchstens vielleicht einzelne der §. 2919 erwähnten Eigenthümlichkeiten der Fingerbewegung und manche gleichzeitige Verkürzungen der Gesichtsmuskeln unter diesem Gesichtspunkte auffassen. Der bei weitem größte Theil der übrigen Erscheinungen dagegen hängt von der Einrichtung der sie beherrschenden Centralwerkzeuge ab. Es gelingt sogar in vielen Fällen, die Bezirke des Nervensystems, welche diese Rolle übernehmen, auf dem Wege des Versuches nachzuweisen. Wir werden z. B. in der Folge sehen, daß die zweckmäßige Stellung der Augen von den Vierhügeln und vielleicht dem kleinen Gehirn, die verschiedenartigen Athmungs- und Stimmthätigkeiten und die Schluckbewegungen von dem verlängerten Marke und dem obersten Theile des Rückenmarkes, die passende Verbindung der einzelnen zusammen gehörenden Beuger, Strecker, Anzieher oder Abzieher der Glieder von dem Rückenmarke herrühren. Es giebt mit einem Worte Organe oder richtiger Bezirke des

centralen Nervensystems, deren Spiel gewisse Gruppen von Mitbewegungen anzuregen oder zu unterhalten im Stande ist.

Wir wollen die vorzüglichsten der hierher gehörenden Erscheinungen einzeln durchgehen, um deren Eigenthümlichkeiten klar zu machen.

Der Gesunde hebt oder senkt beide Augen gleichzeitig. Es verkürzen sich daher die oberen oder die unteren Augenmuskeln in demselben Augenblicke. Blickt der Mensch nach einem in der Mitte liegenden Gegenstande, so wälzen sich die Augäpfel um so mehr nach innen, je früher sich die Leitlinien schneiden sollen. Liegt dagegen der Leuchtpunkt weit nach außen, so rollt das eine Auge nach außen und das zweite nach innen (§. 3318 und §. 3860.). Es hängt mithin von der Lage der sichtbaren Gegenstände ab, ob die beiden inneren geraden Augenmuskeln oder der äußere der einen und der innere der anderen Seite die Hauptrichtung bestimmen.

Wir haben schon §. 3894 fgg. gesehen, daß dieser Umstand die Auffassung von Doppelbildern verhütet. Rollte das eine Auge nach oben, während das andere nach unten ginge, so würden die hinteren Enden der beiden Sehachsen zwei verschiedene Punkte mit größter Deutlichkeit auffassen. Es ergiebt sich hieraus, daß das ungetrübte Einfachsehen mit zwei Augen jene gegenseitigen Verbindungen der verschiedenen Augenmuskeln voraussetzt.

Manche Forscher [1]) nehmen an, daß wir diese zweckmäßige Thätigkeit eben so gut erlernen, als das Sprechen oder Gehen. Man kann aber nur höchstens zugeben, daß sich das Kind die Fertigkeit allmählig aneignet, die den Entfernungen entsprechenden Convergenzgrade zu treffen. Es ist dagegen kaum zu bezweifeln, daß die Grundlage der Erscheinung in der Anordnung der nervösen Centralgebilde liegt, daß mithin das Ganze der Hauptsache nach zu den angeborenen und nicht zu den anerzogenen Thätigkeiten gehört. Die Thatsache, daß Menschen, denen beide Augen in den ersten Lebenstagen ausgelaufen, das eine dessenungeachtet nach außen und das andere nach innen wenden, zeugt schon für diese Auffassungsweise. Die Versuche, die wir an Thieren anstellen, erhärten das Gleiche. Wir können nämlich jene unzweckmäßigen Augenstellungen, wie wir in der Folge sehen werden, durch Verletzungen des kleinen Gehirns oder der Vierhügel willkührlich hervorrufen, so daß sich z. B. das eine Auge nach oben das andere nach unten, jenes weiter nach innen und dieses mehr nach außen richtet. Die Vierhügel wirken zwar ursprünglich auf die Augenmuskeln und die Regenbogenhaut in gekreuzter Richtung. Es theilt sich aber in ihnen eine Anregung, welche die eine Seitenhälfte getroffen hat, der anderen sehr leicht mit. Es erklärt sich auf diese Weise, weshalb ein Mensch, in dem das eine Auge kurz nach der Geburt ausgelaufen, den Stumpf auf eine dem gesunden Auge entsprechende Art mitbewegt und warum die Pupille eines erblindeten Auges den Veränderungen des gesunden zu folgen im Stande ist.

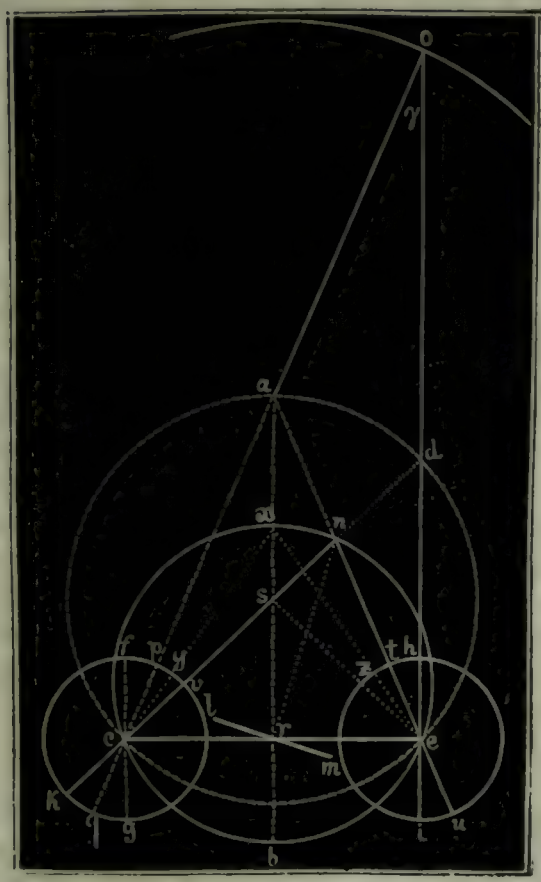
Die scheinbar willkührliche Bewegung des Sehloches [2]) fußt auf ähnlichen Verhältnissen. Wir haben §. 3586 gesehen, daß sich häufig die Pupille bei dem Nahesehen verengt und bei dem Blicke in die Ferne erweitert, daß mithin ihre Verkleinerung mit der Zu- und ihre Vergrößerung mit der Abnahme der Convergenz der Augen verbunden ist. Gesetzt wir hätten zwei hinter einander befindliche Leuchtpunkte, *d* und *o* Fig. 352, z. B. zwei auf einem Lineal senkrecht stehende Stecknadeln und wir bringen *ho* in die Verlängerung der Sehachse *hi*, so muß die andere Sehachse in *kv* stehen, so wie beide Augen *d*, und in *qp*, so wie sie *o* deutlich auffassen. Die Pupillen werden meist bei der Betrachtung von *d* enger und bei der von o weiter. Uebt man sich in dieser Hinsicht ein, so kann man es endlich so weit bringen, daß man das Auge *c* beliebig nach innen zu rollen vermag, während *e* still steht.

---

[1]) C. G. T. Ruete, Neue Untersuchungen und Erfahrungen über das Schielen und seine Heilung. Göttingen 1841. 8. S. 31 fgg. Dessen klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Heft I. Braunschweig 1843. 8. Seite 298.

[2]) J. Purkinje, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag 1819. 8. S. 124.

Fig. 352.



Die Kunst, die Pupille willkührlich zu erweitern, besteht darin, daß man die Augenlider von c schließt und den Augapfel c nach innen rollen läßt, während e unbeweglich bleibt. Man sieht leicht, daß dann die Thätigkeit des inneren geraden Augenmuskels von c die Verkleinerung der Pupillen beider Augen nach sich zieht.

Rollt der eine Augapfel bei dem Seitenblick nach außen und der andere nach innen, so fehlt die Pupillenverkleinerung. Diese tritt dagegen hervor, so wie beide Augen convergiren oder das eine nach innen geht, während das andere still steht. Nun versorgt der untere Ast des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven (R. inferior N. oculomotorii) den inneren geraden Augenmuskel und die Regenbogenhaut des Auges (§. 4277.), während der äußere gerade Augenmuskel von dem äußeren Augenmuskelnerven (N. abducens) abhängt (§. 4296.). Wir können hieraus schließen, daß die Unthätigkeit dieses Nerven die gleichzeitige Wirkung der verschiedenartigen Fasern des unteren Astes des dritten Hirnnerven möglich macht [1]).

Die regelmäßigen Schluckbewegungen der Speiseröhre (§. 2322.) hängen ebenfalls von dem Einflusse bestimmter Centraltheile des Nervensystems ab. Ihr Bezirk liegt, wie wir finden werden, in dem verlängerten Marke und dem obersten Theile des Rückenmarkes. Hat man die beiden herumschweifenden Nerven des Kaninchens über ihrem freien Knoten (dem Gegenstücke des ganglienförmigen Geflechtes des Menschen) durchschnitten, so kann sich zwar noch die Speiseröhre im Ganzen zusammenziehen. Es sind aber die fortschreitenden Wellen, welche das Schlucken im Leben begleiten, nicht mehr möglich.

So sehr auch die Bewegungen des Herzens von den Centraltheilen des Nervensystems abhängen, so kann doch der Wechselschlag der Vorkammern und der Kammern nach Entfernung des verlängerten Markes und des Rückenmarkes fortdauern. Das Athmen dagegen führt zu anderen Erscheinungen. Wir haben hier ebenfalls periodische Schwankungen. Die Ausathmung löst die Einathmung ab. Der Muskelbezirk, der für das Athemholen in Anspruch genommen wird, ändert sich nach dem Willensbefehle oder nach der Größe des Athmungsbedürfnisses. (Bd. I. §. 1228.). Wir werden in der Folge finden, daß man die Ausdehnung der thätigen Verkürzungsgebilde immer mehr beschränken kann, je höher oben man das Rückenmark durchschneidet. Die Zerstörung des verlängerten Markes hemmt aber das ganze Athmungsspiel, es mögen die übrigen Theile des centralen Nervensystems vorhanden sein oder nicht. Diese Thatsache führt schon zu dem Schlusse, daß die anregende Mechanik der Athembewegungen in dem verlängerten Marke von vorn herein liegen muß.

Die Aussonderung des Stuhles oder des Harnes führt zu einer Reihe

[1]) Weitere hypothetische Vorstellungen, welche auf dieser Grundlage ruhen, finden sich z. B. bei Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. I. Coblenz 1837. 8. S. 85 -- 87. De functionibus nervorum. p. 31.

wechselnder Mitbewegungen, die mit den Lebenserscheinungen des Rückenmarkes auf das Innigste verbunden sind. Soll der Urin willkührlich hervortreten, so müssen zuerst die Muskelmassen, welche den Ausgang der Harnblase schließen, erschlaffen und die, welche diese verkleinern, mit oder ohne die Nebenhilfe der Bauchpresse in Thätigkeit gerathen, (Bd. I. §. 1566.). Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich bei der Kothentleerung (Bd. I. §. 562 fgg.). Ist das Rückenmark oberhalb seines Lendentheiles der Quere nach durchrissen, so kann der Willenseinfluß jene Thätigkeiten nicht mehr beherrschen. Wie die Reflexbewegungen mit größerer Lebhaftigkeit hervortreten, sobald die Verbindung mit dem Gehirn aufgehoben worden (§. 4462.), so bleiben dann hier nicht selten die Schließmuskeln der Blase und des Mastdarmes hartnäckig verschlossen (§. 4443.). Urin und Koth treten dagegen fortwährend heraus, so wie wahrscheinlich die Zerstörung die ganze Länge des unteren Theiles des Rückenmarkes ergriffen hat.

4476 Wenn der ungeübte Mensch mehrere Gesichtsmuskeln statt eines zusammenzieht, so können wir schließen, daß die willkührliche Anregung, die nur einzelne Fasern des Antlitznerven in Thätigkeit setzen soll, auf benachbarte Fasern übertragen wird. Die Erscheinung kann sich auch unter stürmischeren Verhältnissen für Bewegungsgruppen, die von bestimmten Centraltheilen des Nervensystems abhängen, unzweckmäßiger Weise wiederholen. Wenn ein Mensch, der sich in Athemnoth befindet, nicht bloß den Mund und die Nasenlöcher möglichst weit öffnet, sondern sein Gesicht verzerrt, so trägt dieses zu seiner Erleichterung Nichts bei. Heftige Eindrücke führen überhaupt leicht zu solchen sonst ferner liegenden Mitbewegungen. Ein zorniger Mensch wird daher eher in Versuchung gesetzt, um sich zu schlagen und ein furchtsamer, unpassende Bewegungen, durch die er niederfällt, vorzunehmen. Das Abspielen der Claviatur des centralen Nervensystems geht umgekehrt ohne Weiteres um so leichter und besser vor sich, je mehr die Uebung vorgearbeitet hat. Wir denken nicht an die nöthigen Einzelverkürzungen, die das Gehen oder Laufen, das Schreiben, das Musiciren und überhaupt alle Beschäftigungen, die wir länger getrieben haben, voraussetzen.

Wir werden bei der genaueren Betrachtung des Rückenmarkes kennen lernen, daß die regulirte Beugung und Streckung der Glieder die Hilfe dieses Abschnittes des centralen Nervensystems in Anspruch nehmen muß.

Nebenstörungen können häufig die geordnete Reihenfolge der Mitbewegungen aufheben. Sie sind auch umgekehrt im Stande einen Sturm von unpassenden Verkürzungserscheinungen zu bedingen.

Das Schielen und das Stottern, das häufig in verlegenen oder erzürnten Menschen auftritt (Bd. II. Abth. I. S. 415.), die Unregelmäßigkeiten des Herzschlages und des Athmens, welche heftige Gemüthseindrücke oder anstrengende Körperbewegungen nach sich ziehen, die unwillkührliche Verzerrung der Gesichtsmuskeln oder die Zungenbewegungen, mit denen einzelne Violinisten ihr Spiel begleiten, die Vor- und Rückwärtsbeugung des ganzen Körpers, welche andere Musiker in dem gleichen Falle darbieten, gehört zu der ersten Klasse von Erscheinungen. Leidet einmal das centrale Nervensystem an einem gewissen Grade von krankhafter Empfänglichkeit, so finden sich die ausgedehntesten Mitbewegungen gleichzeitig oder unmittelbar nach einander ein. Der Veitstanz, die fallende Sucht und ähnliche Krankheiten liefern in dieser Beziehung die ausgedehntesten Beispiele. Die Betrachtung der Stimmungszustände des centralen Nervensystems wird uns noch eine Reihe anderer Belege vorführen.

Es kann im Menschen vorkommen, daß gelähmte Theile, über die der Wille gar nicht mehr oder wenigstens in keiner beträchtlichen Ausdehnung gebietet, zu vollständigeren Ortsveränderungen auf dem Wege der Mitbewegung veranlaßt werden. Hautreize, welche Reflexbewegungen bedingen, oder innere Anregungen, die allgemeinere Bewegungen nach

sich ziehen, scheinen diese Eigenthümlichkeiten am Häufigsten herbeizuführen. Es kann sich z. B. ereignen, daß ein Hemiplegischer seinen gelähmten Arm bei dem Gähnen oder in Folge eines Kitzels, der die Umgebung der Nasenöffnungen trifft, emporhebt oder daß er den gelähmten Fuß bei dem Husten in die Höhe schleudert [1]). Es kommt bisweilen in Hirn- oder Rückenmarksleiden vor, daß die Kranken, wenn sie etwas ergreifen oder sonst eine Bewegung machen wollen, mit ihren Extremitäten auf das Heftigste um sich schlagen und daß diese ausgedehnten und unzweckmäßigen Verkürzungen eine halbe Stunde lang oder bis zu völliger Erschöpfung überhaupt fortdauern. Solche Menschen unterdrücken daher die Ausführung ihrer Willensbefehle, weil sie die Folgen derselben nicht mehr zu hemmen vermögen.

Es ereignet sich, daß die Willenskraft Krämpfe und Mitbewegungen, die sonst regelwidriger Weise auftreten, beseitigt. Wird dagegen die Ausführung einer Bewegung erschwert oder gehindert, so verkürzen sich nicht selten andere Theile, die zu der beabsichtigten Ortsveränderung Nichts beitragen. Will z. B. ein Kranker seinen gelähmten Fuß bewegen, so ziehen sich nicht selten die Muskeln des Rumpfes oder des Gesichtes zusammen. Die mimischen Bewegungen eines Menschen, der eine bedeutende Last emporzuheben versucht, gehören ebenfalls hierher. Die kraftvolle Anregung, der das centrale Nervensystem in solchen Fällen unterliegt, erschüttert gleichsam Centraltheile, die sich für den beabsichtigten Zweck nicht zu betheiligen brauchen.

Mitempfindungen. — Sie gehören fast ausschließlich ungewöhn- 4477
lichen oder regelwidrigen Verhältnissen an. Das gesunde Leben muß die Mitempfindungen möglichst zurückweisen, weil durch sie die Auffassung der Oertlichkeit gestört, der schwächere Eindruck durch den stärkeren unterdrückt oder die Aufmerksamkeit überhaupt unnöthig getheilt würde.

Haben wir auf ein Sandkorn gebissen, einen Bindfaden oder einen 4478
Draht zwischen den Zahnreihen durchgezogen, sehr feine klirrende oder sonst ungewohnte Töne, wie sie z. B. bei dem Kritzen auf einer Schiefertafel, einer Glasscheibe oder bei dem Ausfeilen einer Säge entstehen, gehört, reiben wie endlich den Nacken mit den steifen Haaren einer Bürste, so überfällt uns ein Schauergefühl, das sich längs des Rückens und eines Theiles der übrigen Körperoberfläche dahinzieht. Es erzeugt sich in der Regel einen Augenblick später, als die ursprüngliche Anregung zum Bewußtsein kommt, wie wenn eine gewisse Zeit für die Uebertragung und deren weitere Folgen in Anspruch genommen würde. Die Zerrung oder die Unterbindung eines Nervenstammes kann ein Gefühl von Brennen in der ganzen Haut veranlassen.

Die Nachbarschaft der Nervenfasern führt bisweilen zu örtlich be- 4479
schränkten Mitempfindungen. Hatte ich einen hohlen Backzahn, so fuhr nicht selten ein heftiger Stich nach jenem hinab, so wie das Rasirmesser an der Wange der gleichen Seite dahingleitete. Ein starker Druck blieb dagegen völlig erfolglos. Die Ausübung des Beischlafes oder jede andere Reizung der Haut des männlichen Gliedes kann zur Wahrnehmung von Feuerbildern oder zu Ohrensausen, zu einem Gefühl des Druckes in der Gegend der Augen oder der Nase, zu Kopfschmerzen, zu einer eigenthümlichen nagenden Empfindung im Magen oder zu Heißhunger führen. Die Reizung eines einzelnen Fingernerven vermag heftige Schmerzen im ganzen Arme zu erregen. Ist der Nervenknollen eines Amputationsstumpfes

[1]) Marshall Hall, in Müller's Archiv. 1839. S. 213. Kürschner, a. a. O. S. 127.

unpassend eingeheilt, so beschränkt sich bisweilen der Schmerz nicht auf den Ueberrest des Gliedes, er dehnt sich vielmehr auch auf die Brust- und die Bauchdecken aus. Wird der Knollen ausgerottet oder der Stumpf abermals abgesetzt, so hören nicht selten die Beschwerden auf. Eine scheinbar unbedeutende Nervengeschwulst des Ellenbogens zieht bisweilen die stärksten Schmerzen im Arme oder im Rücken nach sich.

4480 Entfernt liegende Theile werden krankhafterweise in Mitleidenschaft gezogen. Der Beischlaf erzeugt dann z. B. Stiche in den weiblichen Brüsten, ein Leiden der Leber Schmerzen in der Schultergegend und Krankheiten der Nieren, der Hoden, der Eierstöcke oder der Gebärmutter unangenehme Empfindungen im Magen. War dieser überfüllt, so entstanden manches Mal die heftigsten Schmerzen in der Wade, dem Knöchel oder dem Fuße. Ein Brechmittel beseitigte sie auf der Stelle. Der Gesichtsschmerz soll in der Regel mit Leiden des Darmkanals verbunden sein [1]). Aehnliche Erscheinungen finden sich häufig in Hypochondristen, Hysterischen und überhaupt in Kranken mit zerrüttetem Nervensysteme. Frauen leiden im Allgemeinen an solchen Zufällen häufiger als Männer.

Beispiele der Art sind gesammelt in H. Mayo, Grundriss der speciellen Pathologie. Uebersetzt von Amelang. Abth. I. Darmstadt 1838. 8. S. 181 fgg. B. C. Brodie, Vorlesungen über örtliche Nervenleiden. Aus dem Englischen von Kürschner. Marburg 1838. 8. S. 9 fgg. G. Hirsch, Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg 1843. 8. S. 77 fgg. und S. 131 fgg.

Manche Erscheinungen, die man häufig als Mitempfindungen aufführt, gehören nicht hierher. Andere gestatten wenigstens eine andere Deutung. Wenn ein starker Schall Schmerzen im Ohre oder ein heftiger Schlag auf den Kopf ein Gefühl von Staub in der Nase erzeugt, so können hier die Erschütterungen die Tastnerven unmittelbar anregen. Führt ein helles Licht zu unangenehmen Empfindungen im Auge oder zu der Wahrnehmung des Kitzels in der Nase, so müssen künftige Untersuchungen noch feststellen, ob sich hierbei die Wärmewirkungen der Lichtstrahlen betheiligen oder nicht. Wenn bisweilen ein Splitter, der in einem Fingernerven steckt, heftige Schmerzen im Arme, dem Nacken, der Brust oder dem Rücken verursacht, so frägt es sich, ob nicht die peripherischen Nervenstämme unmittelbar entzündet oder sonst entartet sind. Hierfür spricht auch, daß die Absetzung eines solchen Fingers die Qualen nicht immer beseitigt. Die Schmerzen im Gesichte, welche die Zahnschmerzen häufig begleiten, können ebenfalls aus einer peripherischen Verbreitung des Leidenszustandes hervorgehen. Menschen, die Steine in der Blase haben, fühlen oft so anhaltendes Jucken in der Eichel, daß sie hierdurch zur Selbstbefleckung verleitet werden. Es muß dahin gestellt bleiben, ob diese Erscheinung auf unmittelbarer Nervenreizung oder auf einer Mittheilung der sensiblen Anregung beruht. Die Fälle, in denen eine angeschwollene Leistendrüse oder eine am Oberschenkel befindliche Pulsadergeschwulst die heftigsten Leiden in einzelnen Punkten des Beines veranlaßte, die unerträglichen Gelenkschmerzen, an denen häufig Hysterische litten und die nicht selten zur erfolglosen Absetzung des Gliedes [2]) verführten (S. 493.), gehören sicher nicht hierher.

Führt ein sensibler Nerv zu sehr heftigen Schmerzenseindrücken, so bezieht man diese leicht auf ein größeres Gebiet, als ihm wahrhaft zukommt. Wir erhalten auf diese Weise eine scheinbare und gleichsam rein psychologische Mitempfindung. Es beruht vermuthlich hierauf, daß eine Frau, in deren Scheide ein Nervenästchen bloßliegt, unerträgliche Schmerzen in dem ganzen Scheidenrohre bei dem Beischlafe zu empfinden glaubt.

---

[1]) C. Bell, Praktische Versuche. Uebersetzt von Bengel. Tübingen 1842. 8 S. 88.
[2]) Brodie, Ueber örtliche Nervenleiden. S. 60. 61.

Wechselwirkung der Empfindungen und der Bewegungen.— Es versteht sich von selbst, daß die Empfindungseindrücke die Muskelbewegungen in hohem Grade bestimmen können. Wir greifen nach Dingen, die wir sehen, wenden den Kopf nach denjenigen Gegenständen, welche das Gesicht, das Gehör, oder den Geruch anregen sollen, bestimmen die Convergenz der Augäpfel nach Maaßgabe der Entfernungen u. dgl. m. Die Tastempfindlichkeit der Haut der Fußsohlen übt oft einen merklichen Einfluß auf die Stellungs- und die Bewegungsverhältnisse aus. Hat man die hinteren Nervenwurzeln des Hüftgeflechtes eines Frosches (16 bis 18 Fig. 351.) durchschnitten, so kann das Thier über die Muskeln seiner Hinterbeine willkührlich gebieten. Es macht aber hin und wieder unpassende Bewegungen, weil es den Boden, auf dem es ruht, nicht mehr fühlt. Menschen, die an bloßer Gefühlslähmung der Beine leiden, gehen daher auch minder sicher als Gesunde. Die Gesichtswerkzeuge können endlich auch noch in dieser Hinsicht bestimmend eingreifen. Es giebt Kranke, die mit offenen Augen sicher stehen, mit verbundenen dagegen schwanken oder selbst umfallen. Die mehr oder minder unsichere Haltung, welche Blindgeborene darzubieten pflegen, rührt wahrscheinlich davon her, daß die Hilfe des Gesichtes für die Erlernung der nöthigen Körperbewegungen hinwegfiel. 4481

Man bemerkt leicht, daß bewußte oder unbewußte Geisteseinflüsse ins Mittel treten, um die Bewegungen den Empfindungsverhältnissen gemäß einzurichten. Es frägt sich dagegen noch, ob umgekehrt die bewegenden Nervengebilde auf die Empfindungserscheinungen unmittelbar zurückwirken. Ein Mensch, der an Lähmung der Gesichtsmuskeln leidet, oder ein Hund, dessen vordere Nervenwurzeln durchschnitten worden, kann noch den geringsten Nadelstich oder jeden anderen Eingriff deutlich spüren. Ein Thier, dem die beiden Unterzungennerven ausgerissen worden, besitzt noch unzweifelhaft Tast- und Geschmacksempfindungen. Man sieht, daß hier die gleiche Unsicherheit, wie in den Reflexempfindungen wiederkehrt. 4482

Einzelne Krankheitserscheinungen, die hierher gerechnet werden könnten, bedürfen noch einer genaueren Prüfung, z. B. die schon S. 493. angeführte Erfahrung, daß die Durchschneidung der Beugemuskeln des Unterschenkels die Unthätigkeit des Beines zu beseitigen vermag, daß sich manche Bewegungslähmung mit einer erhöhten Empfindlichkeit der entsprechenden Hautstellen verbindet oder daß die Trennung einzelner Augenmuskeln von Schielenden das Sehen nicht bloß optisch verbessert, sondern auch die Netzhaut an und für sich stärkt. Wären auch diese Thatsachen unzweifelhaft festgestellt, so ließen sie sich auch noch auf anderem Wege befriedigend erklären.

Einfluß des Blutes auf das Nervensystem. — Empfängt das Gehirn eines Menschen kein hellrothes, sondern dunkelrothes Blut, so finden sich binnen Kurzem Sinnestäuschungen, wie Funkensehen, Schwarzwerden vor den Augen, Ohrensausen und außerdem Schwindel, Uebelkeiten, Ohnmacht, Schlafsucht und Betäubung ein. Leute, die sich einen Strick um den Hals geschnürt haben, sollen von Empfindungen der Wollust in den ersten Augenblicken heimgesucht werden. Die Athembewegungen verstärken sich immer mehr. Es gesellen sich Verzerrungen der Antlitzmuskeln, lebhafte Bewegungen der Nasenflügel und der Kiefer, kräftige Schläge der Bauchmuskeln, ungestüme Ortsveränderungen der Glieder 4483

und überhaupt ein hoher Grad von Unruhe hinzu. Die Athemzüge werden nach und nach seltener, aber tiefer. Sie wiederholen sich häufig noch mit beträchtlicher Stärke, wenn selbst alle übrigen äußeren Lebenszeichen gewichen sind. Das Herz schlägt mittlerweile schwächer und nicht selten rascher und krampfhafter. Verzerrungen der Gesichtsmuskeln, lebhaftes Umherrollen der Augen, Vorfall der Zunge aus der Mundhöhle, allgemeine heftige Krämpfe und unwillkührlicher Abgang von Samen, Scheidenschleim, Harn oder Koth können die letzten Lebensaugenblicke begleiten (Bd. I. §. 1388 fgg.). Die meisten dieser Erscheinungen hängen von der regelwidrigen Thätigkeit des verlängerten Markes ab.

4484 Hat man die Bauchaorta eines Kaninchens oder eines Hundes unterbunden, so ist die Bewegung der Hinterbeine im Anfange auffallend geschwächt. Die Thiere können nicht recht stehen, sinken oft mit dem Hintertheile ihres Körpers ein und schleppen die Füße bei dem Gehen nach. Die Muskeln zittern bisweilen in krampfhafter Weise ohne äußere Veranlassung. Sie können jedoch einen großen Theil ihrer Kräfte nach einiger Zeit wiedergewinnen. Menschen, denen die eine Leisten- oder Schenkelschlagader unterbunden worden, pflegen bald darauf ihre volle Willensherrschaft über das kranke Bein zu verlieren. Sie klagen nicht selten über Ameisenlaufen in der Haut desselben (§. 2275.).

Es versteht sich von selbst, daß die Möglichkeit eines Seitenkreislaufes die Lähmungserscheinungen aufheben oder verringern wird. Sie treten deshalb im Allgemeinen im Frosche weniger hervor, wenn man die Bauchaorta von hinten, als wenn man sie von vorn her unterbindet. Die Durchschneidung der Bauchdecken hebt die Verbindungen der Schlagadern der Bauchwände auf. Hatte Staunius [1]) die Aorta einer Katze dicht hinter der Abgangsstelle der Nierenschlagadern zugeschnürt, so waren die Hinterbeine ¼ Stunde später nur in sehr geringem Grade gelähmt. Man findet aber auch hier, daß sich die ober- und unterhalb der Nierenschlagadern entspringenden Lendenpulsadern unter einander vereinigen [2]).

4485 Ein starker Blutverlust, wie er z. B. nach zufälligen oder absichtlichen Verwundungen, bei Gebärmutterblutflüssen, nach dem Bersten einer Pulsadergeschwulst oder bei übermäßigen Aderlässen vorkommt, führt zu Athmungsangst, Schwäche und Unregelmäßigkeit des Herzschlages, zu Gähnen, Uebelkeiten, Schwarzwerden vor den Augen, Ohrensausen, zu einseitigen wechselnden Verzerrungen der Gesichtsmuskeln, allgemeineren Krämpfen, zu stillen Delirien oder zu Ohnmachten. Die Haut wird dabei blaß und wachsgelb. Die Körperwärme sinkt auffallend rasch. Wird der Ausfluß des Blutes zu rechter Zeit gehemmt, so kann sich der Körper von den für den Augenblick gefährlichsten Nervenstörungen in verhältnißmäßig kurzer Zeit erholen.

Frösche vertragen den Mangel der Blutzufuhr weit länger, als Säugethiere oder Vögel. Hat man ihr Herz und überhaupt ihre Baucheingeweide entfernt, so können sie im Anfange mit der größten Lebhaftigkeit weiter springen. Sie setzen bisweilen diese

---

[1]) Th. Lechler, Ueber die angebliche Nichtaufnahme der narkotischen Gifte durch die Lympfgefässe. Rostock 1847. 8. S. 18.

[2]) Lechler, a. a. O. S. 11.

Bewegungen mit dazwischen liegenden Ruhepausen eine halbe Stunde lang fort, verlieren aber dann an Regsamkeit, schließen ihre Augenlider, verfallen in eine Art von Schlummersucht, bewegen die Kehle seltener, beantworten Hautreize in immer beschränkterem Maaße und gehen so einem ruhigen Tode, der spätestens zwei bis vier Stunden nach dem Stillstand des Kreislaufes eintritt, entgegen [1]).

Hat ein Frosch, dessen Schädel und Wirbelsäule geöffnet worden, eine beträchtliche Menge Blutes bei diesem Eingriffe verloren, so liegt er oft wie schlummersüchtig da. Der Reiz des Magnetelektromotors erzeugt bisweilen nur unbedeutende Krämpfe. Das Thier erholt sich in manchen Fällen gar nicht, so daß der Anspruch der äußeren Haut keine Reflexbewegungen der Glieder zu irgend einer Folgezeit nach sich zieht. Es kann hierbei vorkommen, daß die rothen Körpermuskeln schweigen, der Magen und Darm dagegen in Bewegungen verfallen, so wie man die Hinterzehen zusammendrückt (S. 491.).

Hatte ich Frösche in der Gegend des dritten Wirbels enthauptet und alle Bauch-eingeweide nebst den Vorderbeinen entfernt, so ereignete es sich, daß der leere Rumpf weit fortsprang und seine Sätze mehrere Male wiederholte. Diese kräftigen Zusammenziehungen schienen aber früher zu schwinden, als wenn noch das Herz den Kreislauf unterhielt.

Die Unterbindung einer Carotis bedingt in der Regel keine auffallenden 4486
Störungen. Es können jedoch hier Krämpfe, lähmungsartige Schwäche der entgegengesetzten Körperhälfte, Hustenanfälle, Ohnmacht und Schlafsucht in Ausnahmsfällen auftreten. Die bis jetzt vorliegenden Erfahrungen lassen nicht entscheiden, ob dann der herumschweifende Nerv gleichzeitig verletzt war oder nicht. Der Verschluß der beiden Hirnschlagadern wird eher stürmischere Wirkungen nach sich ziehen. Mussey [2]) unterband jedoch mit Glück die zweite Carotis eines Menschen, dessen erste er 12 Tage vorher unwegsam gemacht hatte.

Kaninchen gehen in der Regel auf der Stelle zu Grunde, so wie 4487
man ihre beiden Wirbelschlagadern nach der Unterbindung der Carotiden zuschnürt oder nur mit dem Finger zusammendrückt. Hunde liefern nicht immer das gleiche Ergebniß. Hatte A. Cooper [3]) alle vier Schlagadern eines Hundes an einem Tage zugeschnürt, so litt das Thier an Schlafsucht, an Krämpfen und an Lähmung der rechten Körperhälfte. Es erholte sich aber später vollkommen. Ecker [4]) konnte den Blutlauf der beiden Wirbelschlagadern und der linken Carotis hemmen, ohne daß sich eine sogleich in die Augen fallende Wirkung kund gab. Schnürte er aber noch die rechte Halsschlagader zu, so ließ der Hund den Kopf zurückfallen. Er bewegte sich dann nicht mehr und athmete nur langsam und röchelnd. Der Herzschlag nahm an Schnelligkeit zu und wurde unregelmäßig und zitternd. Einzelne seltene und tiefe Athemzüge gingen noch dem bald eintretenden Tode voran.

Der Zustand, den man von einem übermäßigen Blutandrange nach dem Kopfe abzuleiten pflegt, führt nicht selten zu Kopfschmerz, Gesichts- oder Gehörtäuschungen, Schwindel, Uebelkeiten, Erbrechen, Ohnmacht, Raserei oder anderen Geistesstörungen, zu Unsicherheit der Bewegungen oder Krämpfen der verschiedensten Art. Die nachfolgenden

---

[1]) B. Stilling, Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarkes und der Nerven. S. 38. 39. P. Pickford, Quaedam de Narcoticis. Heidelbergae 1844. 4. p. 19. Schiff, a. a. O. S. 448.

[2]) Longet, a. a. O. Tome I. pag. 804.

[3]) Longet, a a. O. Tome I. pag. 805.

[4]) Ecker, a. a. O. S. 75 — 77.

Ausschwitzungen können Lähmungen der Sinne und der Bewegungswerkzeuge, Blödsinn, Schlafsucht und endlich den Tod herbeiführen. Es kommt häufig vor, daß Blutmassen in Folge eines Schlaganfalls austreten und die weichen benachbarten Nervengewebe zerreißen (S. 461.).

Es ist bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse nicht möglich, die bei diesen Störungen eingreifenden Einzelverhältnisse mit Sicherheit anzugeben. Wir wissen nicht, ob die Nervengewebe ihr Volumen unter gewissen Verhältnissen selbstständig ändern können. Es fehlt an allen näheren Untersuchungen über die Zusammendrückungsfähigkeit der Hirnmasse, die wir von der gewöhnlichen, ungehinderten Elasticität unterscheiden müssen. Da aber das centrale Nervensystem aus festen und tropfbar flüssigen Theilen besteht und alle Luft in dem Schädel mangelt, so können wir mit Recht vermuthen, daß selbst der Druck von einer Atmosphäre den Umfang der Hirnmasse nur um eine verschwindend kleine Größe ändern würde (Bd. I. §. 164.).

Lassen wir diese beiden Umstände bei Seite, so umgiebt der Schädel die Hirnmasse des Erwachsenen als eine feste Kapsel, die nur in der Gegend des Hinterhauptloches unterbrochen ist. Es kann daher eine größere Blutmenge in das Gehirn nur insofern einströmen, als dafür andere Verbindungen verdrängt werden. Die Cerebrospinalflüssigkeit und die Lymphe werden hier zunächst die Mißverhältnisse auszugleichen vermögen. Jene kann in reichlicherer Menge in den Wirbelkanal abfließen, weil dieser eine größere Masse von Weichgebilden zwischen seinen Knochenstücken darbietet. Entleeren sich die Saugadern, so ist ein zweites Hilfsmittel geboten. Denken wir uns nun, daß die Grenze der Verbesserung, welche diese Nebenverhältnisse möglich machen, erreicht sei, so werden sich die Blutmassen leichter in den Weichgebilden des Kopfes und des Halses, als in dem Gehirne selbst anhäufen können [1]). Die dem Drucke entsprechende mögliche Größe der Zusammendrückbarkeit des Gehirns wird hier allein verändernd eingreifen, so lange die Menge der Gewebtheile die gleiche bleibt.

Ist der Schädel noch nicht vollständig verknöchert, so kann natürlich die Hirnmasse größere Mengen von Blut oder von Ausschwitzungsflüssigkeiten aufnehmen. Es frägt sich daher, ob nicht z. B. diese Ursache die Neigung, welche kleine Kinder zu Hirnentzündung und Hirnwassersucht darbieten, begünstigt. Es liegt wahrscheinlich auch darin, daß man das Wasser des Sackes eines Menschen, der an gespaltenem Rückgrathe in der Lendengegend leidet, durch Druck in die Hirnhöhlen übertreiben und daß man auf diesem Wege Ohnmacht, Bewußtlosigkeit oder Krämpfe erzeugen kann. Die Schädel solcher Kranken pflegen nämlich unvollkommener zu verknöchern, sobald das Leben länger gefristet wird. Man darf sich auch durch die Leichenöffnungen älterer Wasserköpfe nicht täuschen lassen, weil die Hirnmasse da, wo beträchtliche Ausschwitzungen vorhanden sind, entartet, theilweise geschwunden und angeäzt ist. Die pathologische Anatomie wird dagegen genauer bestimmen müssen, wie viel Blut bei Erhängten, Erstickten und dergl. oder wie viel wässerige Ausschwitzungen bei erwachsenen Nervenfieberkranken in die Sinus oder die Hirnmasse eindringen. Dem sei, wie ihm wolle, so können wir schon jetzt annehmen, daß die Thätigkeiten des Gehirns wesentlich gestört werden, so wie die Nervenmasse einem Drucke, der ihren Umfang nur wenig ändert, ausgesetzt wird. Hierfür spricht schon der Umstand, daß die Bauchpresse Krampfanfälle in Kindern und Sinnestäuschungen, Kopfschmerzen, Ohnmachten und ähnliche Zufälle in Erwachsenen hervorrufen kann.

Die Blutergüsse der Schlagflüssigen bieten noch vieles Räthselhafte dar, weil die Krankheitslehre die zur Beurtheilung nöthigen Thatsachen noch nicht geliefert hat. Man stellt sich gewöhnlich vor, daß sich der Blutdruck in den Hirngefäßen eines Menschen, der vom Schlage befallen wird, plötzlich verstärkt und daß daher die Wände der Gefäße, sobald ihre Widerstandsfähigkeit überwunden ist, einreißen. Da aber die Stromkraft des Blutes im Gesunden häufig genug beträchtlich zunimmt, ohne daß sich jene nachtheiligen Folgen geltend machen, so müßte jedenfalls vorher der Festigkeitsmodul der Gefäßwände gelitten haben. Man hat aber bis jetzt weder diese Thatsache, noch die bedeutende Vergrößerung des Blutdruckes im Augenblicke des Schlaganfalles nachgewiesen.

---

[1]) Bergmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschw. 1844. 8. S. 302.

Eine andere von Monro [1]), Kellie, Abercrombie, Reid [2]), Hamernjk [3]) vorgetragene Auffassungsweise berücksichtigt vor Allem die schon oben erwähnten Verhältnisse der Schädelhöhle. Der Schädel bildet eine nicht nachgebende, luftdicht geschlossene Kapsel, die nur an dem Hinterhauptsloche und durch Löcher, welche Gefäße hindurchlassen, mit anderen Raumen verbunden ist. Schwindet die Hirnmasse, so muß der übrig bleibende Raum auf irgend eine Art ersetzt werden. Sucht das Blut das Mißverhältniß auszugleichen, so wird es in reichlicherem Maaße in die Gefäße einströmen Diese erweitern sich und reißen endlich unter dem ihnen von Außen aufgedrängten Zuge.

Diese jedenfalls hypothetische Anschauung läßt noch manche hierbei in Betracht kommende Erscheinungen unerörtert. Wir haben früher gesehen, daß die Blutergüsse, welche die halbseitigen Schlaganfälle begleiten, in der Gegend des Seh- und des Streifenhügels der einen Seite vorzukommen pflegen. Nehmen wir nun auch an, daß diese Nervengebilde vor dem Schlaganfalle aus unbekannten Gründen geschwunden waren, so ließe sich erwarten, daß sich schon die Massenveränderung durch Lähmung oder Schwäche der Glieder verrathen wird. Die Erfahrung lehrt aber, daß diese oft ihre Kräfte bis zu dem Anfalle bewahren. Lassen wir auch diesen Einwand, der sich durch eine sogleich zu erwähnende Annahme erledigen ließe, bei Seite, so könnte man eher vermuthen, daß eine allgemeinere Blutüberfüllung des ganzen Gehirns oder die so rasch auftretenden Wasserausschwitzungen das Mißverhältniß eben so gut beseitigen würden.

Manche Krankheitserscheinungen drängen übrigens zu der Vermuthung, daß sich die Umfangsverhältnisse einzelner Hirntheile plötzlich ändern. Es kommt z. B. vor, daß ein Mensch, der an einer Herzkrankheit, an Störungen des Lungenblutlaufes und an wassersüchtigen Beschwerden leidet, bis zu dem letzten Lebensaugenblicke scheinbar munter bleibt, plötzlich den Kopf sinken läßt, blau wird und unter den Zeichen der Erstickung rasch dahinstirbt. Die Leichenöffnung zeigt dann Blutüberfüllung im Gehirn und Wasseraustritt im Schädel. Man kann sich hier vorstellen, daß das rasch erlahmende verlängerte Mark eine Molecularveränderung, die mit einer Umfangsabnahme verbunden ist, erleidet und daß diese die Blutfülle und die Wasserausschwitzung als physikalische Nothwendigkeit nach sich zieht. Man sieht übrigens leicht, daß diese Verhältnisse zu einer sehr vorsichtigen Beurtheilung der Ergebnisse, welche die Leichenöffnungen liefern, auffodern.

Stimmungszustände des Nervensystems. — Es versteht sich 4488
von selbst, daß die Nervengebilde mit großer Kraft oder umgekehrt mit bedeutender Schwäche wirken können. Wir begegnen aber noch einem dritten Verhältnisse, das man mit den Namen der **krankhaft erhöhten Empfänglichkeit**, der **reizbaren Schwäche** oder das **Erethismus** bezeichnet hat. Eine geringe Einwirkung führt hier nicht nur zu lebhaften Erfolgen, sondern diese verbreiten sich auch über ein ungewöhnlich großes Gebiet und dauern länger, als die erste ursprüngliche erste Anregung anhält. Ist z. B. ein Mensch oder ein Thier zu Starrkrämpfen geneigt, so reicht ein Nadelstich, der eine beschränkte Hautstelle trifft, hin, alle Muskeln des Rumpfes und der Glieder in die anhaltendste Thätigkeit zu versetzen. Es ist gleichsam, als hätte jener geringe Reiz einen Sperrhacken gelöst und eine bisher gehemmte Spielreihe möglich gemacht.

Nehmen wir an, daß die Thätigkeit der Nervengewebe von den Mo- 4489
lecularverhältnissen derselben abhängt, so kann eine hypothetische Anschauungsweise die verschiedenen Stimmungszustände des Nervensystems wenigstens in ihren allgemeinsten Beziehungen klarer machen. Ein kräf-

[1]) A. Monro, Bemerkungen über die Structur und die Verrichtungen des Nervensystems. Leipzig 1787. 4. S. 5.
[2]) Reid, a. a. O. pag. 581 fgg.
[3]) Hamernjk, a. a. O. S. 94 fgg.

tiger Frosch bewegt seine Muskeln mit großem Nachdruck. Die Molecüle seiner bewegenden Nervengebilde befinden sich daher in den günstigsten Verhältnissen, um den Willensbefehl rasch fortzupflanzen, auf ein gegebenes Gebiet zu beschränken, nach einer beliebigen Zeit zu unterdrücken und die Thätigkeitsgröße der Muskeln mit Kraft und Pünktlichkeit zu beherrschen. Haben wir das Thier in der Gegend des zweiten Wirbels enthauptet, so lähmt der Eingriff, der den obersten Theil des Rückenmarkes traf, manche Thätigkeitsäußerungen des noch übrigen Theiles des centralen Nervensystems. Kein Hautreiz erzeugt Reflexbewegungen. Greifen wir das Rückenmark selbst an, so verkürzen sich oft nur die Muskeln, deren Nerven in der Nachbarschaft der Reizungsstelle eintreten. Ihre Zusammenziehung fällt nicht selten schwächer aus. Wir haben mit einem Worte einen Zustand, in dem die unmittelbare Wirkung erniedrigt und die gegenseitige Uebertragung aufgehoben ist. Wir können uns denken, daß der heftige Eingriff die Molecular-Beschaffenheit der Nervengewebe änderte, ungefähr wie ein elastischer Riemen, der plötzlich übermäßig gedehnt worden, in der ersten Zeit länger bleibt und an Elasticität verloren hat.

4490 Wir haben aber schon §. 2751 fgg. gesehen, daß ein solcher elastischer Riemen zu seiner früheren Kürze nach und nach zurückzukommen sucht, daß ihm aber dieses nur theilweise gelingt, so wie die Grenze seiner vollkommenen Elasticität überschritten worden ist. Wir können uns hierbei vorstellen, daß der Zug die Molecüle aus ihrer Lage brachte, daß diese nach dem Aufhören desselben nachschwingen, hierbei allmählig an lebendiger Kraft durch Mittheilung verlieren und endlich zu ihrem günstigeren Ruhezustande zurückkehren. Wenden wir dieses auf das Nervensystem gleichnißweise an, so werden auch hier gleichsam Molecularschwingungen während der Erholungszeit eingreifen. Es wird eine Unruhe, die wenigstens in derselben Art während der Unthätigkeit in dem gesunden Zustand nicht vorhanden ist, innerhalb der Wiederherstellungsepoche fortdauern. Greift nur ein schwacher Reiz ein, so summirt sich seine Wirkung mit jener Unruhe, so daß ein ausgiebiger Erfolg erzielt wird [1]). Man kann sich auf ähnliche Weise erklären, weshalb dann die Uebertragung erleichtert und die Nachwirkung begünstigt ist. Wirkt die Anregung zu stark, so stört sie jene Rückkehr der Molecüle zu einer passenden Lage. Sie erschöpft auf diese Weise. Das verstümmelte Thier setzt sich nach einiger Zeit mit seinen Hinterfüßen zurecht. Kneipt man seine Zehen, so folgen später die ausgedehntesten Reflexbewegungen nach. Reizt man es zu früh oder zu häufig, so geht die Empfänglichkeit rascher zu Grunde. Dieser schädliche Einfluß kann sich selbst geltend machen, wenn die Hautreize keine Muskelbewegungen zur Folge gehabt haben.

4491 Sollen die Nervengewebe die Anregungen erzeugen oder fortpflanzen, so müssen sie eine gewisse Molecularbeschaffenheit darbieten. Der Ner-

[1]) Vergl. auch J. Henle, Handbuch der rationellen Pathologie. Zweite Aufl. Braunschweig 1846. 8. S. 113.

veninhalt z. B., der im Geringsten geronnen oder geschwunden ist, versagt daher auch seine Dienste[1]) (Bd I. S. 716.). Wir werden in der Folge finden, daß sich die Störung der Molecularverhältnisse unserem Auge nicht immer zu verrathen braucht. Es geht aber ihre Ausbildung mit der Schwäche oder der Lähmung der Nervenwirkungen Hand in Hand. Die Unthätigkeit, die dem Tode früher oder später nachfolgt, beruht wahrscheinlicherweise auf den Molecularveränderungen, welchen die Nervengewebe unterworfen werden.

Wir haben schon §. 2744 gefunden, daß sich die Nerven und die 4492
Muskeln eines Gliedes, das von dem übrigen Körper entfernt ist, in der Ruhe erholen können. Es fehlt noch an hinreichend feinen Prüfungen, ob hierbei auch ein Mittelzustand der erhöhten Empfänglichkeit vorkommt oder nicht. Man darf aber nach den bisherigen Beobachtungen jedenfalls annehmen, daß jenes Zwischenglied mit Hilfe des centralen Nervensystems und zwar vorzüglich des verlängerten Markes und des Rückenmarkes bei Weitem leichter und auffallender hergestellt wird. Wir können es durch einzelne Gifte, wie Strychin nur unter der Bedingung hervorrufen, daß das centrale Nervensystem seine Unterstützung darbietet. Viele Krankheitserscheinungen führen zu dem gleichen Schlusse.

Die Verbindungen, welche die Nerventhätigkeiten stören und zu denen 4493
nicht bloß die betäubenden Gifte, sondern auch viele andere Körper gerechnet werden müssen, können die Stimmung des Nervensystems wesentlich ändern. Einzelne, wie Blausäure, Upas, Wourali, Viperngift scheinen in allen Fällen lähmend einzugreifen. Es frägt sich jedoch, ob nicht auch hier ein Wechsel der Verhältnisse unter geeigneten Bedingungen möglich ist. Die meisten Gifte dagegen, wie Strychin, Opium, Belladonna, Terpenthinöl, Aether, Chloroform führen zu den verschiedenartigsten Graden der erhöhten Empfänglichkeit, je nachdem sie schwächer und langsamer oder kräftiger und schneller wirken. Dieser Unterschied verräth sich schon in den warmblütigen Geschöpfen. Man kann ihn mit noch größerer Bequemlichkeit in den Fröschen ihrer zähen Reizbarkeit wegen verfolgen.

Wir haben schon Bd. I. §. 1786 fgg. gesehen, daß die Gifte, die einem unversehrten Menschen oder Thiere einverleibt worden, in das Blut übergehen und durch den Kreislauf desselben zu dem Nervensysteme gelangen. Diese Anschauungsweise, die zuerst von Fontana[2]) mit Glück vertheidigt und durch Versuche erhärtet wurde, stellte sich der früheren Ansicht, daß die peripherischen Nervenenden die Gifte aufnehmen und dem übrigen Nervensysteme mittheilen[3]), mit Recht entgegen. Eine Beobachtung, die Magendie an Säugethieren machte und die sich am Bequemsten als Doppelversuch am Frosche wiederholen läßt, kann jene Lehre am Einfachsten erhärten. Hat man alle Theile des Oberschenkels bis auf den Hüftnerven an der rechten und alle bis auf die Schenkelgefäße an der linken Seite durchschnitten, so führt ein Gift, wie Strychnin, das man in eine Wunde des rechten Unterschenkels eingeträufelt hat, zu keinen allgemei-

[1]) Vgl. auch Stannius, in Müller's Archiv. 1847. S. 452.
[2]) F. Fontana, Abhandlung über das Viperngift, die amerikanischen Gifte, das Kirschlorbeergift und einige andere Pflanzengifte. Berlin 1784. 4. Bd. I. S. 218 fgg.
[3]) Ueber das Geschichtliche dieses Gegenstandes und die in dieser Hinsicht angestellten Versuche. s. P. Pickford, Quaedam de Narcoticis. pag. 2 — 8.

neren Wirkungen. Wird dagegen der gleiche Versuch an dem linken Unterschenkel wiederholt, so verräth sich die Vergiftung nach kurzer Zeit.

Wir haben schon Bd. I. §. 855 den Fall, in welchem die Schlagadern eines Gliedes unterbunden worden, nach den Ergebnissen der älteren Beobachtungen besprochen. Fügen wir noch die Resultate, welche die neueren Untersuchungen von Ludwig, Bischoff [1]), Fränkel [2]), Stannius und Lechler [3]) geliefert haben, hinzu, so ergiebt sich, daß die Unterbrechung des Kreislaufes die Wirkung der betäubenden Gifte nicht nothwendiger Weise aufhebt, jedenfalls aber verzögert und bisweilen schwächt. Eine Gabe von salpetersauerem Strychnin, die sonst in wenigen Minuten tödtet, wirkt erst nach zwei bis acht Stunden. Es kann auch vorkommen, daß sie nur einen vorübergehenden Zustand von erhöhter Empfänglichkeit herbeiführt, und daß die allgemeinen Reflexkrämpfe, die früher vorhanden waren, in der Folge ausbleiben.

Wir haben schon §. 2242 kennen gelernt, daß man chemisch unschädliche Lösungen von Blausäure, Opium, Strychnin und dergl. ohne Nachtheil auf den Hüftnerven selbst zu bringen im Stande ist. Es kommt übrigens hierbei auf die leisesten Unterschiede an. Eine frische Auflösung des wässerigen Opiumauszuges kann wirkungslos bleiben, eine ältere dagegen örtlich lähmen [4]). Das Herz bietet in dieser Hinsicht eigenthümliche Verhältnisse dar. Die Innenfläche desselben ist hier für die örtliche Einwirkung betäubender Gifte empfänglich, die äußere dagegen nicht (§. 2246.).

Stilling [5]) hat zuerst bemerkt, daß man die allgemeinen Starrkrämpfe, welche der Vergiftung des Strychnins eigen sind, ohne Vermittelung des Blutes, durch bloße örtliche Berührung mit dem Rückenmarke erreichen kann. Jedes Stückchen des Rückenmarkes, das von dem Gifte ergriffen wird, verfällt dann in den eigenthümlichen, bald zu beschreibenden Zustand erhöhter Empfänglichkeit. Ist auch nur noch eine kleine Zwischenbrücke des centralen Nervensystemes übrig, so kann diese die Allgemeinheit der Starrkrämpfe möglich machen.

Diese von Pickford [6]) bekräftigten Erfahrungen haben sich mir ebenfalls in vielen Einzelfällen bestätigt. Waren die Frösche zu sehr erschöpft oder wurde zu viel von dem Vorderkörper abgeschnitten, so versagten nicht selten die Versuche, die ich immer mit einer gesättigten wässerigen Lösung von salpetersauerem Strychnin anstellte. Eine zu große Menge des Giftes schien ebenfalls nachtheiliger zu wirken. Arbeitete ich dagegen unter günstigeren Nebenbedingungen, so zeigte sich, daß die Richtigkeit jener Angaben keinem Zweifel unterliegt. Hat man das Herz des Frosches entfernt und einige Tropfen der Strychninlösung auf einen Theil des centralen Nervensystems gegossen, so treten häufig die Starrkrämpfe etwas später, als in dem unversehrten Thiere, aber mit bedeutender Stärke hervor. Man kann sich oft überzeugen, daß die Theile, deren Nerven in der Nachbarschaft der Vergiftungsstelle in das Rückenmark übergehen, bei den Krampfanfällen, wenigstens im Anfange bevorzugt sind. Es kommt jedoch auch vor, daß die vorhergehende Verletzung dieses Verhältniß unmöglich macht. Ich hatte z. B. einen mittelgroßen grünen Grasfrosch in der Gegend des ersten Wirbels enthauptet, das Herz entfernt und das centrale Nervensystem in dem Verlaufe des ersten und zweiten Wirbels bloßgelegt und mit der Strychninlösung bepinselt. Drückte ich 4 Minuten später die Zehen eines Vorderbeines oder eines Hinterbeines zusammen, so entstanden die Starrkrämpfe in den Hinterfüßen, nicht aber in den Vorderbeinen.

Man überzeugt sich endlich, daß bisweilen das Gift die leisesten möglichen Bedingungen zu seinem Vortheile zu benutzen sucht. Ein Frosch, dessen Herz entfernt worden war, hatte 5 bis 6 Minuten in einem Aetherapparate zugebracht. Nachdem das regungslose Thier einige Zeit an der Luft gelegen, entfernte ich den Kopf in der Gegend

---

[1]) Bischoff, in Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. V. S. 293 — 305.

[2]) L. Fraenkel, De resorptione vasorum lymphaticorum adjunctis nonnullis experimentis. Berolini 1847. 8. p. 17 — 26.

[3]) Th. Lechler, Ueber die angebliche Nicht-Aufnahme der narkotischen Gifte durch die Lymphgefässe. Rostock 1847. 8. S. 14 — 23.

[4]) Stannius, in Müller's Archiv. 1837. S. 234.

[5]) B. Stilling, Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarkes und der Nerven. Leipzig 1842. 8. S. 40 — 46.

[6]) Pickford, a. a. O. pag. 22. 23.

des ersten Halswirbels, schnitt die beiden Vorderbeine los, nahm die sämmtlichen Eingeweide des Unterleibes heraus und bestrich den frei liegenden Querschnitt des verlängerten Markes mit einer gesättigten Lösung von salpetersauerem Strychnin. Obgleich das Präparat ungefähr eine halbe Stunde beobachtet wurde, so gelang es doch nie, irgend eine Spur von Starrkrämpfen durch Hautreize zu erzeugen. Sie traten auch in keinem Falle von selbst hervor. Drückte ich aber die Muskeln des Oberschenkels zusammen, so zeigte sich ein langes nachhaltendes Zittern in den verschiedensten Muskelbündeln der beiden Oberschenkel. Diese Empfänglichkeit hielt so lange, als das Präparat untersucht wurde, an.

Betrachten wir einzelne der wichtigeren Gifte, welche die Stimmung des Nervensystems in auffallender Weise verändern, so liefert die Brechnuß oder ihr Alkaloid das Strychnin die ausgebildeteren Formen der krankhaft erhöhten Empfänglichkeit am Leichtesten und Schnellsten. Da das reine Strychnin erst von 6667 Theilen kalten Wassers aufgenommen wird, so wählt man lieber leichter lösliche Salzverbindungen. Man versetzt z. B. destillirtes Wasser mit einer größeren Menge salpetersaueren Strychnins und kocht es, bis sich alles aufgelöst hat. Läßt man das Ganze erkalten, so schlägt sich ein Theil des Strychninsalzes von Neuem nieder. Man erhält auf diese Weise eine kalte vollständig gesättigte Auflösung.

Hat man ein paar Tropfen dieser Flüssigkeit zwischen die Rückenhaut und die Rückenmuskeln eines Frosches eingepinselt und setzt dann das Thier in ein enges Glas in halb aufrechter Stellung hin, so pflegt es sich im ersten Augenblicke heftig zu bewegen, früher oder später dagegen zu beruhigen. Es tritt dann und zwar oft schon nach Verlauf einer Minute ein Zeitpunkt ein, in dem es lebhaft von selbst aufspringt und gegen die Wandung des Gefäßes anstößt. Wir haben jetzt den Zustand der krankhaft erhöhten Empfänglichkeit. Befindet sich das Thier im Freien, so wird häufig der Eintritt jenes Stimmungsverhältnisses durch einen auffallend großen Sprung und nicht selten durch einen Ton, den eine krampfhafte Ausathmungsbewegung begleitet und den man durch die Verletzung des verlängerten Markes nicht vergifteter Frösche ebenfalls erzeugen kann, bezeichnet. Die Athembewegungen wurden vorher lebhafter, die Bauchdecken gingen sichtlicher abwechselnd nach außen und nach innen. Die geringste Willensanstrengung, der unbedeutendste Versuch des Thieres, seinem Hindernisse zu entweichen, ein Schreck, eine leise Berührung der Haut, ein schwaches Anklopfen an den Tisch, auf dem der Frosch ruht, führen den Anfall der Starrkrämpfe herbei. Sie entstehen daher nicht selten von selbst und gewinnen an Heftigkeit und Dauer, so wie man den Frosch mit der Hand faßt, um ihn an einen anderen Ort zu versetzen.

Arbeitet man unter den günstigsten Bedingungen, so wird der Kopf nach abwärts bewegt und das untere Augenlid heraufgezogen. Es entsteht bisweilen der oben erwähnte Stimmton. Die Vorderbeine und vorzüglich die Hinterbeine werden gewaltsam gestreckt und verharren in diesem Starrkrampfe. Es kann dabei die Schwimmhaut zusammengelegt bleiben oder ausgespreizt und angespannt werden. Die einzelnen Bündel der Oberschenkelmuskeln spielen nicht selten während der Dauer der Starrkrämpfe. Das ganze Bild erinnert im hohen Grade an die Verhältnisse, welche die rasche Wiederholung des Schlusses und der Oeffnung der elektrischen Ströme z. B. bei dem Gebrauche des Magnetelektromotors erzeugt (§. 2202 fgg.).

Frösche, die lange gehungert haben, durch vorangehende Eingriffe ermattet oder sonst geschwächt sind, oder Thiere, die zu viel oder zu wenig von dem Gifte erhalten hatten, führen zu unvollständigen Ergebnissen. Man nimmt zuletzt die bleibende Streckung der Hinterbeine mit oder ohne das erwähnte Muskelzittern wahr. Es kann vorkommen, daß die Vorderbeine völlig ruhig bleiben, daß aber dessenungeachtet ein auf die Vorderzehen ausgeübter Druck die heftigsten Starrkrämpfe in den Hinterbeinen hervorruft. Die Begattungszeit und kältere Herbsttage scheinen die günstigsten Bedingungen für frisch eingefangene Thiere darzubieten.

Hat die Empfänglichkeit ihren höchsten Grad erreicht, so genügt schon die Erschütterung, welche das laute Sprechen nach sich zieht, die Starrkrämpfe herbeizuführen. Arbeitet man dagegen unter ungünstigeren Bedingungen, so überzeugt man sich, daß die Anregung eine gewisse Stärke nöthig hat, wenn der Erfolg zu Stande kommen soll. Ein leiser auf die Haut ausgeübter Druck bleibt dann häufig wirkungslos, während ein

stärkeres Zusammenpressen der Zehen die heftigsten Streckungen der Hinterbeine nach sich zieht.

Es dauert immer eine gewisse Zeit, bis sich die krankhaft gesteigerte Empfänglichkeit ausbildet. Sie vergrößert sich dann nach und nach, sinkt aber wieder in der Folge, bis sie gänzlich verschwindet. Mittlere Vergiftungsperioden liefern die vollständigste Reihe der oben erwähnten Störungen. Hat man zu viel Gift angewendet, so ereignet es sich und zwar sehr häufig an heißen Sommertagen, daß ein paar heftige Stöße als einziger Erfolg auftreten. Ist dieses nach wenigen Minuten vorüber, so bleibt die Reizbarkeit so gründlich vernichtet, daß selbst der Gebrauch des Elektromotors keine Zuckungen mehr anregt. Hat man umgekehrt sehr kleine Gaben des Strychninsalzes angewandt, so tritt der Erfolg merklich später ein. Schreitet man zu beträchtlichen Verdünnungen der Auflösung fort, so ereignet es sich, daß man gar keine Wirkung erhält oder daß sich erst die Empfänglichkeit nach einer Reihe von Stunden in mäßigem Grade verstärkt [1]).

Wir haben §. 2207 gesehen, daß die wiederholt eingeleiteten elektrischen Ströme die Starrkrämpfe auch ohne die Nebenhilfe des centralen Nervensystemes erzeugen. Der Gebrauch des Strychnins führt in dieser Hinsicht zu anderen Ergebnissen. Hat man das Rückenmark des Frosches ausgeschnitten und befeuchtet die übrig gebliebenen Nervenwurzeln mit der Strychninlösung, so treten die Starrkrämpfe nicht ein. Theilt man das Rückenmark eines sonst unversehrten Thieres der Quere nach, so können sich dessenungeachtet die Krämpfe in allen vier Beinen erzeugen. Entfernt man die untere Hälfte desselben, so bleibt die Streckung der Hinterbeine aus. Drückt man die Hinterzehen zusammen, so erhält man nur dann Muskelverkürzungen in den Vordergliedern des Körpers, wenn sich die mechanische Erschütterung bis zu diesen fortpflanzt. Hat man das Rückenmark in der Gegend des dritten Wirbels der Quere nach durchschnitten und die hinteren Wurzeln der Nerven der Hinterbeine getrennt, so wird hierdurch das Auftreten der Starrkrämpfe in den Hinterfüßen verzögert, weil wahrscheinlich die Blutzufuhr zu dem hinteren Abschnitt des Rückenmarkes verhindert worden. Die Möglichkeit der Starrkrämpfe wird aber durch jenen Eingriff nicht aufgehoben [2]).

Eine Reihe von Versuchen, wie das Strychnin unter den verschiedenartigsten Nebenverletzungen des Nervensystems wirkt, geben **Stannius**, in **Müllers** Archiv. 1837. S. 226 — 232. **Van Deen**, a. a. O. p. 53 — 79. **Stilling**, a. a. O. S. 36 fgg. **H. Meyer**, in **Henle** und **Pfeuffer's** Zeitschrift. Bd. v. Heidelberg 1846. S. 257 — 61.

Betrachten wir die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen, so finden wir, daß das in mittlerem Grade wirkende Strychnin die Molecularverhältnisse des centralen Nervensystems und wahrscheinlich vor Allem der grauen Masse desselben stört. Es antworten in dieser Hinsicht nur diejenigen Muskelgruppen, deren centrale Bestimmungsglieder von dem Gifte getroffen werden, während die, welche von andern Nerventheilen abhängen, schweigen. Es versteht sich von selbst, daß die empfindlichen Hautstellen den Ausbruch der Krämpfe sehr leicht hervorrufen und daß die Durchschneidung der hinteren Nervenwurzeln eine Hauptursache der Anregung beseitigt. Da aber jede Willensanstrengung des Thieres, jedes Bemühen, ein von ihm erblicktes Hinderniß zu vermeiden, den Sturm herbeizuführen vermag, so folgt, daß die Unempfindlichkeit der Haut die Starrkrämpfe nicht unmöglich macht und daß diese nicht immer auf Reflererscheinungen beruhen.

Die Lage des Thieres kann ihren Einfluß ebenfalls geltend machen. Man bemerkt häufig, daß ein Frosch, der auf dem Bauche ruhend still bleibt, heftige Starrkrämpfe, sowie man ihn auf den Rücken gelegt hat [3]), von Zeit zu Zeit darbietet.

Hat man zu große Mengen von Strychnin angewendet, so treten die Erscheinungen, die auf einer eigenthümlichen erhöhten Empfänglichkeit beruhen, zum größten Theile in den Hintergrund. Es gewinnen die Lähmungsverhältnisse das Uebergewicht und man beobachtet dann manche Thatsachen, die sonst nicht hervorzutreten pflegen.

Man kann den Fröschen größere Mengen von Flüssigkeiten durch den After am Zweckmäßigsten beibringen. Hat man die Mischung vorsichtig in den Mastdarm eingespritzt, so tritt kein Tropfen zurück. Ich hatte auf diese Weise ein Klystier von 1 bis 2 C. C. der gesättigten Strychninlösung einem mittelgroßen grünen Grasfrosche einver-

---

[1]) Vergl. W. **Arnold**, bei **Pickford**, a. a. O. p. 31.
[2]) **Van Deen**, Traité et Decouvertes p. 59 u. 63. **Stilling**, a. a. O. S. 46 fgg.
[3]) Vergl. auch schon **Stilling**, a. a. O. S. 36.

leibt. Der Zustand, in dem die leiseste Erschütterung die heftigsten Starrkrämpfe hervorrief, war schon nach Verlauf einer Minute eingetreten. Die Empfänglichkeit schwand aber nach wenigen Augenblicken gänzlich. Enthauptete ich nun das Thier in der Gegend des ersten Halswirbels und legte die Dräthe des Magnetelektromotors an die Schnittwunde des centralen Nervensystems, so entstanden gar keine Zuckungen. Wiederholte ich den Versuch an dem Hüftgeflechte, so wurde der entsprechende Schenkel an den Unterleib gezogen und das Knie- und das Fußgelenk gebeugt.

Ein zweiter mittelgroßer grüner Grasfrosch, der ein ähnliches Strychninklystier erhalten hatte, verfiel erst nach 6 Minuten in Zustand der erhöhten Empfänglichkeit. Setzte ich jetzt die Dräthe des Magnetelektromotors an die Rückenmuskeln in der Gegend des vierten Wirbels an, so erhielt ich allgemeine Starrkrämpfe und den oben erwähnten Stimmton. Wiederholte ich den Versuch einige Minuten später, so blieben die Glieder des Thieres vollkommen ruhig. Es wurden nur der Kopf und der Vordertheil der Wirbelsäule nach oben und hinten gezogen. Legte ich die Dräthe an die Muskeln der Rückenseite des Oberschenkels, so traten nur örtliche Zuckungen der benachbarten Verkürzungsgebilde hervor. Selbst diese fehlten dagegen, so wie man die Strecker des Kniegelenkes in Anspruch nahm. Nun wurde das Thier in der Gegend des ersten Wirbels enthauptet. Drückte ich die Zehen eines Hinterbeines, so bewegten sich die Zehen. Die Lungen, der Kehlkopf und der Schlund rückten nach hinten. Es fehlten aber sonst allgemeinere Erscheinungen und jede Spur von Starrkrampf. Galvanisirte man das Rückenmark, so blieb Alles ruhig. Wandte man sich an das Hüftgeflecht, so beugte sich wiederum der Schenkel, wie in dem früher erwähnten Frosche. Die Muskelmasse der Strecker hatte dessenungeachtet ihre Empfänglichkeit nicht verloren. Wurde die Gegend des Kniegelenkes mit den Dräthen berührt, so streckte sich der Unterschenkel. Das Gleiche wiederholte sich am Fuße, wenn ich den Wadenmuskel ansprach. Man konnte daher hier durch Nervenreize Beugungen erhalten, während sonst die Streckung unter ähnlichen Verhältnissen auftritt.

Ist einmal die erhöhte Empfänglichkeit hergestellt, so wird sie durch die Aetherbetäubung nicht sogleich aufgehoben. Ich brachte einige Tropfen der gesättigten Strychninlösung zwischen die Rückenmuskeln und die Rückenhaut eines mittelgroßen grünen Grasfrosches und setzte ihn, so wie der Zustand der erhöhten Empfänglichkeit eingetreten war, in den später zu erwähnenden Aetherapparat. Obgleich hier andere gleich große Frösche in 1 bis 2 Minuten zu sterben pflegten, so rief doch noch das leiseste Klopfen an den Behälter die heftigsten Starrkrämpfe der Hinterbeine 3 Minuten lang in jenem Thiere hervor. Es lag dabei in den Ruhezeiten mit geschlossenen Augen und regungslos ausgestreckt, und machte von selbst keine Bewegung. Hatte es $3\frac{1}{2}$ Minuten in dem Aether verweilt, so hörten alle Bewegungen auf. Kein Druck auf die Zehen rief irgend eine Wirkung hervor. Das Thier erholte sich auch nicht mehr im Freien.

Die Aetherbetäubung macht es nicht unmöglich, daß das Strychnin seine tödtlichen Wirkungen entwickelt. Sie schwächt aber die Erscheinungen der erhöhten Empfänglichkeit, die sonst aufzutreten pflegen. Ich hatte z. B. einen mittelgroßen grünen Grasfrosch 2 Minuten lang dem Aetherdampfe ausgesetzt. Das Thier war so sehr betäubt, daß alle Athembewegungen aufgehört hatten und daß man nur noch den Herzschlag an dem Klopfen der benachbarten Bauchdecken erkennen konnte. Hatte der Frosch zwei Minuten in der Luft gelegen, so ging die Kehle auf und nieder. Die Bauchmuskeln verhielten sich vollkommen ruhig. Ich brachte ihm dann eine Minute später ein Klystier von ungefähr 2 C. C. einer gesättigten Auflösung von salpetersauerem Strychnin bei. Drückte ich die Zehen des linken Vorderfußes 7 Minuten später zusammen, so verfielen alle vier Beine in eine Reihe heftiger Wechselkrämpfe, die bedeutend länger, als der Reiz selbst anhielten. Hatte ich diese Beobachtung mehrere Male wiederholt, so war die Empfänglichkeit völlig erschöpft worden. Man konnte aber später die gleichen Wechselkrämpfe, an denen bisweilen auch die Kehl-, nicht aber die Bauchmuskeln Theil nahmen, durch das Zusammdrücken der Hinterzehen häufig erzeugen. Es sank endlich die Empfänglichkeit immer mehr, so daß die Krämpfe schwächer ausfielen, kürzere Zeit dauerten und sich auf die Nachbarschaft der Anspruchsstelle in höherem Grade beschränkten. Die Reizbarkeit verlor sich endlich gänzlich und das Leben kehrte nicht mehr zurück. Wir sehen hieraus, daß die Aetherbetäubung die Starrkrämpfe gänzlich verdrängte und nur klonische Krämpfe

als das Zeichen der Empfänglichkeit zuließ. Da sich aber gesunde Frösche, deren Athembewegungen still stehen, deren Herzschlag dagegen fortdauert, vollständig zu erholen pflegen, so folgt, daß die Betäubung die tödtliche Wirkung des Strychnin nicht hindert. Wir haben schon S. 508 gesehen, daß sie noch den örtlichen Einfluß auf das centrale Nervensystem von Fröschen, deren Herz entfernt worden, gestattet.

Hatte Todd [1]) einen Hund, ein Kaninchen oder ein Meerschweinchen mit Strychnin vergiftet und brachte er dann das Thier in Aetherdampf, so hörten die Starrkrämpfe auf. Sie kehrten aber, so wie sich das Thier erholte, wieder. Dieser Versuch gelang mehrere Male. Das Leben der vergifteten Thiere wurde nach jenem Forscher durch die Aetherbetäubung verlängert.

Die Vergiftung mit Opium kann ähnliche Aeußerungen der erhöhten Empfänglichkeit, wie die mit Strychnin, hervorrufen. Es dauert nur in der Regel beträchtlich länger, ehe die Starrkrämpfe auftreten. Diese befallen auch hier häufig nur die Hinterbeine, während die Vorderbeine ruhen. Die untern Augenlider werden in manchen Fällen emporgezogen. Der Vermuthung, daß die Wirkungen des Opium nach der Zerstörung des Gehirns der Frösche ausbleiben [2]), kann ich nicht völlig beistimmen. Der Erfolg wird hierdurch beträchtlich verzögert und wahrscheinlich auch geschwächt, nicht aber gänzlich aufgehoben. Ein Doppelversuch, den ich anstellte, kann dieses näher beleuchten.

Ich brachte ein Klystier von $1\frac{1}{2}$ C. C. wässeriger Auflösung des Opiumextractes einem mittelgroßen grünen Grasfrosche bei. Der Zustand, in dem das leiseste Klopfen die heftigsten Starrkrämpfe hervorrief, trat 65 Minuten später ein. Ich entfernte nun die Großhirnlappen und die Sehlappen, ohne daß dadurch die Empfänglichkeit aufgehoben ward. Schnitt ich noch die Vierhügel, das kleine Gehirn und die vordere Hälfte des verlängerten Markes aus, so fehlten die Starrkrämpfe, wenn man auf den Tisch klopfte. Ein auf eine Hinterzehe ausgeübter Druck dagegen rief sie auf der Stelle hervor. Das Zusammenpressen einer Vorderzehe blieb erfolglos. Wurden endlich das übrige verlängerte Mark und der vorderste Theil des Rückenmarkes entfernt, so blieb auch der Anspruch der Hinterzehen ohne Einfluß. Das Thier erholte sich nicht mehr und änderte auch nicht die ihm einmal angewiesene Lage.

Ich hatte die Hemisphärenlappen, die Seh- und die Vierhügel eines anderen Frosches an demselben Tage zerstört. Das Geschöpf machte dann im Anfange einige ungeordnete Gangbewegungen und lag in der Folge wie todt, aber mit weit geöffneten Augen da. Berührte man eines von diesen, so ging das untere Augenlid empor. Es fing dann 5 bis 10 Minuten nach der Verletzung lebhafter zu athmen an, zog eine Viertelstunde nach dem Eingriffe die gestreckten Hinterbeine an den Unterleib und kroch 5 Minuten später eine Strecke weit fort. Wurde es dann in Wasser gethan, so stieß es sich mit einem oder ziemlich abwechselnd mit beiden Hinterbeinen vorwärts, brachte es jedoch zu keinem völlig geordneten Schwimmen. Es verhielt sich sogar in der Folge im Wasser völlig ruhig, stieß aber von Neuem, so wie man eine Hinterzehe drückte. Reinigte ich dann die Schädelhöhle mit einem Schwämmchen von der eingedrungenen Flüssigkeit, so bewegte es die Vorderbeine nach vorn und suchte sich wegzuschnellen. Legte ich jetzt den Frosch ins Wasser auf den Rücken, so machte er einige vergebliche Bewegungen und blieb dann ruhig liegen. Er konnte sich dagegen auf dem Tische herumdrehen. Ich gab ihm nun ein Klystier von ungefähr 1 C. C. der oben erwähnten Wasserlösung des Opiumextractes. Er sprang etwa nach einer halben Stunde sehr lebhaft und weit davon, so wie man eine Hinterzehe zusammendrückte und wehrte sich heftig, wenn man ihn fassen wollte. Der erhöhte Empfänglichkeitsgrad trat erst 138 Minuten nach der Einverleibung des Giftes auf. Diese Verzögerung der giftigen Wirkung konnte eben so gut dem Mangel des Gehirns, als der vorangegangenen Blutung und überhaupt den Störungen des Kreislaufes zugeschrieben werden. Die Beine streckten sich um jene Zeit mit vielem Nachdrucke, so wie man mit mäßiger Stärke auf den Tisch klopfte. Diese Empfänglichkeit verlor sich aber wieder nach verhältnißmäßig kurzer Zeit. Das Thier

---

[1]) R. B. Todd, in s. Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. London 1847. 8. p. 721. H.

[2]) Stannius, a. a. O. S. 236.

wurde endlich 4 Stunden nach der Einverleibung des Giftes todt gefunden und hatte seine Lage 1½ Stunden früher nicht geändert.

Ein Frosch, dem ich eine kleine Menge von Tollkirschenextract in eine Rücken- und eine zweite in eine Zungenwunde beigebracht hatte, verfiel einige Stunden später in die heftigsten Streckkrämpfe der Hinterbeine, wenn er aus seinem Behälter herausspringen wollte. Mehrere Stunden darauf führte der leiseste Hautreiz zu dem gleichen Ergebnisse. Goß ich etwas Wasser auf den Boden des Glases, so traten die kräftigsten, durch die Streckung der Hinterbeine bedingten Stöße ein. Diese wiederholten sich sehr häufig, bis endlich das Thier todt zu sein schien. Die Vorderfüße waren dann gegen einander geführt und blieben fest in dieser Stellung. Die Hinterbeine erschienen im höchsten Grade steif. Alle Gliedermuskeln fühlten sich sehr gespannt an. Der Frosch hatte sich dessenungeachtet am folgenden Morgen so sehr erholt, daß er lebhaft herumsprang und kein Krankheitszeichen mehr darbot.

Brachte ich einem Frosche ein Klystier einer wässerigen Auflösung von Hyoscyamusextract bei, so fehlten alle auffallenden Folgeerscheinungen. Er athmete nur etwas stärker und öffnete den Mund von Zeit zu Zeit, eine Erscheinung, die nach dem Klystieren mit andern unangenehm schmeckenden Körpern ebenfalls einzutreten pflegt. Ein zweiter Frosch, der eine nicht unbedeutende Menge des Extractes durch den Mund bekommen hatte, verhielt sich auf die gleiche Weise. Obgleich ich kaum bezweifle, daß größere Gaben des Giftes auch hier zu Starrkrämpfen führen werden, so muß ich doch erwähnen, daß die von mir gebrauchte wässerige Lösung des Extractes keineswegs wirkungslos war. Wurden nur ein paar Tropfen dem Bindehautsacke eines Albinokaninchens einverleibt, so hatte sich die Pupille nach wenigen Minuten beträchtlich erweitert. Hatte ich ungefähr 1 C. C. einer wässerigen Abkochung von Rauchtabak in den Mastdarm eines Frosches gespritzt, so sperrte er später den Mund auf und hielt ihn hin und wieder längere Zeit offen. Der Zustand der erhöhten Empfindlichkeit für die Starrkrämpfe der Hinterbeine trat nach längerer Zwischenruhe in auffallendem Grade hervor.

Ein Frosch, der ein Klystier von 1 bis 2 C. C. Terpenthinöl bekommen hatte, war gleich im Anfange sehr unruhig, sprang, sowie die Hinterzehen gedrückt wurden, weit fort und machte von Zeit zu Zeit die Augen zu. Er saß später unbeweglich da, öffnete hin und wieder den Mund und kroch eine Stunde nach der Einverleibung des Giftes auf dem Tische fort, ohne größere Sätze zu machen. Er blieb hierauf im Wasser ruhig; sprang dagegen auf dem Tische, so wie man die Hinterzehen drückte, weiter. Der Zustand, in dem das leiseste Klopfen auf den Tisch die lebhaftesten Starrkrämpfe der Hinterbeine hervorrief, trat aber erst nach 3 bis 4 Stunden ein. Das Thier unterlag in der Folge der Einwirkung des Giftes.

Ein Frosch, der ein Klystier von 1 bis 2 C. C. Schwefeläther bekommen hatte, war im Anfange sehr unruhig. Er beruhigte sich später und erduldete endlich alle Eingriffe ohne Widerstand. Die erhöhte Empfänglichkeit trat ungefähr ¾ Stunden nach der Einspritzung des Aethers hervor. Sie dauerte länger, als 2 Stunden in auffallendem Grade fort. Die leiseste Erschütterung bewirkte unter diesen Verhältnissen, daß die Hinterbeine gestreckt wurden und daß einzelne ihrer Muskelbündel lebhaft nachzitterten. Jeder der beiden Hinterfüße ließ sich ohne großen Widerstand beugen, ein Versuch, der häufig neue Anfälle der Krämpfe hervorrief. War das Thier erschöpft, so ging die Beugung eines Hinterfußes leichter, als die von beiden ohne Nachtheil vorüber. Es ereignete sich auch wohl, daß nur die Hinterbeine gestreckt und die unteren Augenlider emporgezogen wurden, alle übrigen äußeren Veränderungen dagegen mangelten. Legte man den Frosch auf den Rücken und drückte eine Hinterzehe zusammen, so wiederholten sich die Krampfstöße, die auch hin und wieder von selbst einzutreten schienen, länger und anhaltender, als wenn der Bauch den Tisch berührte. Hatte man die Hinterbeine gebeugt, so wurden sie, so wie die Lage unbequem wurde, rasch gestreckt und es folgten mehrere Krampfstöße nach. Das Thier athmete während der Zeit, in welcher die erhöhte Empfänglichkeit vorhanden war, ziemlich regelmäßig und hielt seine Augen, deren Sehlöcher groß und fast rund erschienen, weit geöffnet. Es war zuletzt völlig scheintodt, erholte sich aber über Nacht vollständig.

Ein Frosch, der mit Kirschlorbeerwasser betäubt worden war, bot nicht das geringste Merkmal einer erhöhten Empfänglichkeit dar. Man konnte ihn in dem übrigens nur vorübergehenden Betäubungszustande umlegen, stoßen, oder fortschieben, ohne

daß er lebhaften Widerstand leistete oder sich überhaupt nur wehrte. Krämpfe traten in keinem Falle hervor. Diese fehlten auch in einem anderen Frosche, dem ich wässerige Blausäure in den Mund geflößt hatte und der nach wenigen Minuten zu Grunde gegangen war. Kein Hauteindruck führte hier zu Reflexerscheinungen. Die Reizbarkeit war überhaupt schnell erschöpft.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammen, so finden wir, daß die erhöhte Empfänglichkeit, bei der die heftigsten Starrkrämpfe in Folge der inneren oder äußeren Anregungen entstehen, keineswegs als eine eigenthümliche Wirkung der betäubenden Gifte angesehen werden kann. Sie wurde bis jetzt nach dem Gebrauche der Blausäure oder des Wourali nicht beobachtet, nach der Einführung von Körpern dagegen, wie Terpenthinöl oder Schwefeläther, die nicht zu den betäubenden Giften gerechnet werden, wahrgenommen. Der Aether lehrt überdieß, daß eine und dieselbe Masse die Starrkämpfe nach Verschiedenheit des Gebrauches und der hierdurch bedingten Wirkungsweise hervorzurufen vermag oder nicht. Während sie nach einem Aetherklystiere zum Vorschein kommen, fehlen sie immer, wenn man die Frösche durch Einathmen der Schwefeläther dämpfe betäubt oder tödtet.

Die Thatsachen drängen überhaupt zu der Annahme, daß die erhöhte Empfänglichkeit für Starrkrämpfe nur von einer eigenthümlichen Störung des Gleichgewichtes der centralen Nervengebilde, welche die verschiedenartigsten Stoffe bedingen können, und nicht von einer ausschließlichen Wirkung der betäubenden Gifte herrührt. Es kommt hierbei wahrscheinlich auf den Grad, in dem die Molecularverhältnisse verändert werden, sehr viel an. Denn die Starrkrämpfe, die z. B. das Aetherklystier erzeugte, hielten weniger an, erzeugten eine minder hartnäckige Steifung der Hinterbeine und näherten sich überhaupt mehr den Wechselkrämpfen, als die, welche man durch Strychnin oder Opium herbeiführen kann. Wir müssen auch manche eigenthümlichen Erscheinungen aus diesen untergeordneten Unterschieden der Gleichgewichtsstörungen in den einzelnen Bezirken des centralen Nervensystems erklären. Wir können nur auf diese Weise begreiflicher finden, weshalb z. B. ein Druck, den wir auf die Vorderzehe eines mit Strychnin behandelten Frosches wirken lassen, das Vorderbein unter gewissen Verhältnissen ruhig läßt oder es nur zu vorübergehenden Reflexkrämpfen anregt, die heftigsten anhaltenden Starrkrämpfe dagegen in den Hinterbeinen veranlaßt.

Wir müssen nun am Schlusse die für praktische Arzneiwissenschaft wichtigen Stimmungsveränderungen, welche die Einathmung der Aether- oder der Chloroformdämpfe nach sich zieht, kennen lernen. Es versteht sich von selbst, daß die untergeordneten Erscheinungen in hohem Grade wechseln und viele der bald zu erwähnenden Zeichen in Einzelfällen vermißt werden. Man pflegt in der Regel die Aether- oder die Chloroformdämpfe rein einathmen zu lassen. Man kann aber nach Welz[1]) die Annehmlichkeit erhöhen, wenn man ein paar Tropfen Rosen- oder Neroliöl dem Aether beimengt.

Die reizende Wirkung der Aetherdämpfe verräth sich nicht selten bei den ersten Athemzügen. Der Mensch hustet bisweilen, er spürt ein gewisses Brennen oder ein eigenes Aengstlichkeitsgefühl; es läuft ihm der Speichel im Munde zusammen und es entstehen daher unwillkührliche und zum Theil störende Schluckbewegungen. Stößt man auch auf diese Hindernisse im Anfange, so schwinden sie doch bald, so wie nur der Wille Kraft genug besitzt, den Versuch ununterbrochen fortzusetzen. Es zeigt sich sogar nicht selten eine immer größer werdende Hast, die Aetherdämpfe einzuziehen und deren Wirkung zu beschleunigen.

Ein Gefühl der Erleichterung und des Wohlseins, ein Zustand, der am Ehesten mit dem beginnenden Champagnerrausche verglichen wird, verdrängt jetzt die früheren Empfindungen. Die Sinne werden für kurze Zeit empfänglicher. Die Bilder der äußeren Gegenstände gewinnen an Helligkeit, Glanz und Schärfe. Ein leises Geräusch erklingt lauter, die Stimmtöne hallen kräftiger wieder. Der Mensch kann noch im Anfange die Leitlinien seiner Augenachsen (§. 3863.) auf verschieden entfernte Gegenstände einstellen, seine Pupillen verkleinern sich noch mit zunehmender Convergenz; es geht aber nach

[1]) R. v. Welz, Die Einathmung der Aetherdämpfe in ihrer verschiedenen Wirkungsweise. Würzburg 1847. 8. S. 2.

und nach die Anpassung verloren, es werden nur einzelne Körper, die meistentheils ferner liegen müssen, mit Schärfe aufgefaßt. Diese schwinden jedoch ebenfalls binnen Kurzem. Man stößt bisweilen auf Doppelbilder oder Farbenphantasmen. Einzelne sehen starr ins Weite, während Andere die Augenlider, wie zum Schlafe schließen.

Die Gemüthsstimmung wird indeß heiterer. Ein unwiderstehlicher Reiz zum Lachen reißt die Einen hin, während Andere immer lebhafter und zuletzt selbst tobsüchtig werden. Einzelne Menschen verhalten sich in jeder Beziehung ruhiger. Manche hören das lebhaftere Klopfen der Schlagadern ihres eigenen Körpers. Andere leiden an Schwindel, an subjectiven Gesichts- oder Gehörtäuschungen. Ein angenehmes Wärmegefühl durchzieht den Körper. Der Schweiß bricht bisweilen in reichlicher Menge hervor. Viele empfinden Ameisenlaufen oder eine Art von Hüpfen und zwar nicht bloß an der Oberfläche der Haut, sondern selbst in den unter ihr liegenden Gebilden

Der Gedankengang gewinnt an Lebhaftigkeit und Mannichfaltigkeit. Dieses steigert sich aber binnen Kurzem in dem Grade, daß die Ideen im Fluge dahineilen, daß eine die andere verdrängt, bis endlich nur eine rastlose und unzweckmäßige Arbeit des Geistes, nicht aber eine wahre und ersprießliche Reihenfolge der Auffassung möglich ist. Die Unruhe macht endlich jeden Gehalt der Geistesspiele unmöglich. Die Wirklichkeit und die Phantasievorstellungen vermischen sich immer inniger mit einander. Diese gewinnen bald so sehr das Uebergewicht, daß der Mensch seine Umgebung nicht mehr erkennt, oder Dinge, die nicht da sind, wahrzunehmen glaubt.

Der Geruch, die Tastempfindlichkeit der Nasenschleimhaut und der Geschmack gehen dann bald verloren. Dämpfe von Moschus oder von Ammoniak, Verdünnungen von Essigsäure oder von Coloquinthenabkochung werden nicht mehr wahrgenommen. Das Gesicht oder vielmehr die Auffassung der äußern Bilder tritt zuletzt gänzlich in den Hintergrund. Die Thätigkeit des Ohres sinkt meist etwas später, als die der übrigen vier Sinneswerkzeuge.

Ein Gefühl von Schlaffheit breitet sich immer mehr aus. Es beginnt oft in den Füßen und steigt dann nach oben empor. Der Mensch ist bald nicht mehr im Stande, seinen Arm emporzuheben, seine Zunge zum Sprechen zu gebrauchen, seine Gesichtsmuskeln zum Lachen oder zum Weinen einzurichten, seine Augen, wie es die Leitlinien fodern, einzustellen. Die Pupillen pflegen sich auch zu erweitern, das Auge seinen Glanz und die Haut ihre Fülle und ihre Färbung zu verlieren. Das Athmenspiel geht dessenungeachtet noch von selbst fort.

Es kann in diesem Zustande vorkommen, daß der Mensch manche kraftlose Bewegungen versucht. Die Augen sind bisweilen nach oben und innen gerichtet. Sticht man dann die Hornhaut an, um z. B. eine getrübte Linse zu entfernen, so ereignet es sich bisweilen, daß sich die Augäpfel mit Lebhaftigkeit bewegen und die beabsichtigte Operation unmöglich machen.

Der Tastsinn führt zu einer eigenthümlichen Erscheinung. Ein Mensch, den kein Hauteinschnitt mehr zu schmerzen scheint, fühlt noch die Berührung einer Nadelspitze. Diese kommt ihm höchstens wie ein stumpfer Körper, z. B. wie ein Finger vor. Man bemerkt nicht selten, daß ein Kranker den Zahnschlüssel vor und nach dem Zahnausreißen deutlich zu fühlen angiebt, das Ausreißen des Zahnes dagegen nicht bemerkt oder mit keinen Schmerzenszeichen begleitet. Nimmt man ein Glied innerhalb dieses Zeitraumes ab, so kann der Kranke die Zurüstung noch wahrnehmen und die Berührung des Messers spüren. Er erträgt aber die Nervendurchschneidung ohne Widerrede oder er verzerrt höchstens sein Gesicht, stöhnt laut auf, versucht allenfalls einen meist kraftlosen Widerstand. Er läugnet aber dessenungeachtet später, daß er Schmerz empfunden habe.

Greift die Wirkung der Aetherdämpfe tiefer durch, so erschlaffen die Muskeln in immer höherem Grade. Kein Hautreiz führt zu Reflexbewegungen und selbst kein elektrischer Schlag zu Zusammenziehungen der Verkürzungsgebilde. Die Sinneseindrücke sind völlig geschwunden und das Auge nicht selten erloschen. Das Gesicht kann dabei den Ausdruck eines Sterbenden (Facies hippocratica) und der Körper die Haltung einer Leiche annehmen. Ein tiefer, nur selten mit Röcheln verbundener Schlaf, vollendet das Bild des Scheintodes. Der Geist arbeitet aber indeß noch wahrscheinlicher Weise fort.

Dringt wieder reine Luft in die Lungen, so daß das frühere Leben zurückkehrt, so

finden sich nicht selten Farbenbilder, Ohrensausen, Glockentönen ein. Der Mensch erwacht endlich aus seinem Schlafe. Die Thätigkeit des Gehörs beginnt in der Regel früher, als die des Gesichts. Der Kranke erkennt zwar hernach die Gegenstände seiner Umgebung, er verbindet sie aber noch leicht mit den Traumbildern, die er gehabt, oder mit dunkelen Erinnerungen, die ihm von dem völlig gesunden Zustande her übrig geblieben sind. Die Muskeln erholen sich indeß und gehorchen oft noch den Phantasmen, welche den Geist beschäftigen. Es kann dabei die Heiterkeit und die Lachlust, die im Anfange vorhanden war, wiederkehren, oder ein gewisser Trübsinn auftreten. Die Bewegungen sind im Anfange schwach, die Augen finden noch nicht die gehörige Convergenz, die Sprache bleibt unvollkommen. Der Mensch stottert nicht selten, weil der Wille die Zunge ungenügend zu beherrschen vermag. Er ist bei der größten Kraftanstrengung nicht im Stande, eine feste Handschrift zu führen oder gerade Linien hinzuzeichnen.

Das Gedächtniß hat häufig auffallend gelitten. Worte und Namen, die sonst geläufig waren, sind oft für eine merkliche Zeit vergessen. Diese Erscheinung wiederholt sich für die Auffassung dessen, was in dem Traumzustande vorgegangen. Die Meisten erinnern sich höchstens des allgemeinen Charakters ihrer Träume und diese stimmen häufig mit den Verhältnissen, die sich in dem früheren Leben des Menschen vorzugsweise geltend machten. Der Eine war daher im Paradiese, ein Anderer auf der Jagd, ein Dritter in einer Schenke, ein Vierter bei einem Concerte und ein Fünfter in einem Abgrunde. Aufregende und schlüpferige Gedanken gewinnen hierbei nicht selten die Oberhand. Es fehlen aber nicht bloß die Einzelnheiten des Wahrgenommenen, sondern auch die genaueren Bestimmungen der Zeitgrößen, welche sie gedauert hatten. Die meisten Kranken geben die Zeit der Betäubung eher zu groß, als zu klein an.

Die Nachwehen des Aetherrausches können in sehr verschiedenem Maaße hervortreten. Manche erholen sich daher sehr leicht, so daß Alles in einer halben Stunde vorüber ist. Die ausgeathmete Luft behält nur den Geruch nach Aetherdämpfen länger bei. Es gesellt sich ein anhaltender Aethergeschmack oder nachträgliches Aetheraufstoßen hinzu. Andere dagegen leiden an Eingenommenheit des Kopfes, an Körperschwäche, Abgeschlagenheit, Trübsinn, Uebelkeit, Erbrechen oder an allen jenen Beschwerden, die einem überstandenen Weingeistrausche nachfolgen (Bd. I. S. 250.). Es versteht sich von selbst, daß die bis zum eintretenden Todeskampfe fortgesetzte Aethereinathmung noch bedenklichere Folgen zurücklassen kann.

Die Kreislaufs- und die Athmungsverhältnisse führen zu den verschiedensten Wechselerscheinungen. Die Bindehaut des Auges und selbst die Wangen röthen sich häufig im Anfange. Die Leichenblässe tritt später um so schärfer hervor, je mehr sich die Betäubung dem Scheintode nähert. Der Puls kann sich zuerst beschleunigen und später langsamer und fadenförmig werden. Die Athembewegungen nehmen im Anfange eher zu, als ab. Sie fallen sogar während der höheren Betäubungsgrade sehr kurz und zahlreich aus. Man stößt jedoch in dieser Hinsicht auf viele Verschiedenheiten.

Es bedarf noch genauerer Untersuchungen, wie sich der Gaswechsel während der Aetherwirkung verhält. Bibra und Harleß [1]) fanden, daß man weniger Kohlensäureprocente ausscheidet, wenn man mit Aetherdämpfen geschwängerte Luft, als wenn man reine Atmosphäre einathmet. Ville und Blandin [2]) gelangten dagegen zu dem Ergebnisse, daß die procentigen Werthe der Kohlensäure mit der Abnahme der Empfindlichkeit steigen und in der Erholung sinken. Die Forscher, welche diesen Gegenstand näher beleuchten wollen, werden in dieser Hinsicht berücksichtigen müssen, welche Einflüsse die Spannung der Aetherdämpfe ausübt, wie sich die Zahl der Athemzüge zur Zeitdauer derselben verhält und welche Veränderungen die gleichzeitigen Verhältnisse des Alters, der Verdauung und der Ernährung bedingen. Es ist so viel gewiß, daß der größte Theil des Aethers aus den Lungen abdunstet und nicht erst vorher verbrannt wird. Da die thierische Wärme während der nachdrücklichen und lange anhaltenden Aetherbetäu-

---

[1]) E. v. Bibra und E. Harless, Die Wirkung des Schwefeläthers in chemischer und physiologischer Beziehung. Erlangen 1847. 8. S. 128.

[2]) Ville und Blandin, in den Comptes rendus de l'Académie. Tome XXIV. Paris 1847. 4 p. 1016.

bung abnimmt, so kann man vermuthen, daß sich dann die absoluten Mengen der Verbrennungsproducte des Körpers vermindern werden. Kinder, Frauen und schwächliche Menschen überhaupt unterliegen eher der Aethereinwirkung, als kräftige Männer mittleren Alters. Ein nachdrücklicher Willenseinfluß kann den Eintritt der Betäubung für einige Zeit unterdrücken. Sie scheint im Allgemeinen länger zu dauern, wenn sie rascher zu Stande gekommen ist.

Es versteht sich von selbst, daß der Aether nicht bloß durch die Lungen, sondern auch auf anderen Wegen in den Körper eingeleitet werden kann. Pirogoff [1]) reinigte den Mastdarm durch ein Klystier und trieb dann die Aetherdämpfe in jenen über. Der Athem riecht binnen Kurzem nach Aether und alle Wirkungen desselben treten nach jenem Forscher in sehr vollkommener Weise hervor. Andere erhielten an Thieren keine so günstigen Ergebnisse.

Will man kleinere Geschöpfe betäuben, so gebraucht man ein großes Glasgefäß, das mit einem eingeschliffenen Metalldeckel geschlossen werden kann. Dieser trägt an seiner Unterfläche einen Haken, der den mit Aether oder Chloroform durchtränkten Schwamm aufnimmt. Sollen die Thiere, während sie die Aetherdämpfe einathmen, von Zeit zu Zeit geprüft werden, so bringt man sie unter ein umgestürztes Glas oder unter eine an beiden Seiten offene Glocke, deren Lüftung den Zutritt zu dem der Wirkung ausgesetzten Geschöpfen gestattet. Die obere Mündung von dieser wird mit einem den Haken tragenden Korke geschlossen. Größere Thiere werden am Einfachsten betäubt, wenn man ihnen mit Aether oder mit Chloroform durchnäßte Schwämme vor die Nase hält oder ihren Kopf in einen Behälter steckt.

Betrachten wir zunächst die äußeren Erscheinungen, welche den durch die Aetherdämpfe eingeleiteten Erstickungstod und die Erholung aus dem dem Tode nahen Zustande begleiten, so verfahren wir am Zweckmäßigsten, wenn wir zuerst einzelne Beispiele ins Auge fassen und die Veränderungen, die sich in anderen Fällen zeigen können, an diese anreihen.

Ein mittelgroßes weibliches Albinokaninchen, das ich in den Aetherapparat gebracht hatte, wurde schon nach einer halben Minute unruhig. Es schloß die Augenlider zur Hälfte, öffnete sie wieder von Zeit zu Zeit, ließ die Nasenflügel lebhafter spielen, bewegte sich aber nur selten mit dem ganzen Körper. Waren 2½ Minuten verstrichen, so athmete das Thier rasch mit den Bauchdecken. Es sank dann allmählig ein und drückte den Vorderkopf an die Wand des Glasbehälters. Man bemerkte hier bald, daß eine dünnflüssige Mischung aus dem rechten Nasenloche hervortrat. Das Spiel der Nasenlöcher und der Bauchmuskeln gewann später immer mehr an Schnelligkeit. Das linke Auge verzog sich nach oben und hinten, das rechte dagegen nach vorn. Die Pupillen hatten sich indeß in mäßigem Grade erweitert. 5½ Minuten nach dem Beginn der Aethereinathmung klappten die Kinnladen lebhaft zusammen. Hatte sich dieses beruhigt, so zuckten die Lippenmuskeln zu wiederholten Malen. Die Athemzüge wurden immer häufiger und kürzer. Die vermehrten Schläge der Bauchdecken schienen an Kraft zu verlieren. Die Augen waren um diese Zeit fast ganz geöffnet und ihre Sehlöcher in mäßigem Grade erweitert. Die Ohren erschienen auffallend dunkelblau, der Grund der Augen blauroth und die Lippen bläulich gefärbt. Das Athmen hatte endlich 10½ Minuten nach dem Beginn des Versuches aufgehört. Die Pupillen waren in den letzten Lebensaugenblicken stark erweitert worden.

Brachte ich das Thier an die Luft, so konnte man noch die schwachen Herzschläge durch die Brustwand hindurchfühlen. Es kehrte aber keine Spur von Athmung und mithin auch von Leben wieder. Die Pupillen verengerten sich noch später in geringem Maaße.

Oeffnete ich den Leichnam 24½ Minuten nach dem Anfange der Aethereinathmung und 14 Minuten nachdem des Kaninchen wieder an der Luft gelegen hatte, so erregte der Einfluß der Atmosphäre eine sehr schwache Wurmbewegung in den dünnen und selbst in den dicken Gedärmen. Das rechte Herzohr schlug noch, wiewohl keineswegs kraftvoll fort. Die mechanische Reizung der Lendennerven führte zu ziemlich starken

[1]) Pirogoff, in den Comptes rendus. Tome XXIV. p. 789. N. Pirogoff, Recherches pratiques et physiologiques sur l'éthérisation. St. Petersbourg 1847. 8. Berliner medizinische Zeitung. 1847. Nro. 32. S. 157.

Verkürzungen der entsprechenden Abtheilungen der Bauchmuskeln. Drückte ich den Magen, den Dünndarm oder den Dickdarm zusammen, so erhielt ich noch lebhafte, sich langsam weiter verbreitende Zusammenziehungen. Wiederholte ich den Versuch an dem linken Eingeweideaste (N. splanchnicus), so verfiel eine Stelle des Dünndarmes in deutliche Wurmbewegung.

Die Aorta und deren Verzweigungen enthielten dunkelrothes Blut. Die Lungen zeigten viele rostbraune Flecke. Die Gefäße des Gekröses, der Nieren und der meisten Unterleibseingeweide überhaupt waren strotzend und auffallender gefüllt, als die des centralen Nervensystemes.

Es kommt in anderen Kaninchen vor, daß sich die Oberfläche des Auges im Anfange lebhaft röthet, daß mehr Flüssigkeit in den Bindehautsack tritt, daß sich die Ohren ungleich umlegen, z. B. das eine nach vorn, das andere nach hinten, daß einzelne Ohr- oder Gesichtsmuskeln zucken, daß die Thiere die Vorderbeine lebhaft bewegen, daß sie laut aufschreien oder daß ein Rasselgeräusch ihr Athmen später begleitet. Die Gefäße des Gehirns und des Schädels können mit dunkelem Blute gefüllt, die Herzhöhlen beträchtlich ausgedehnt, die Lungen emphysematös sein, die Gallenblase von Galle strotzen. Der Magen und die Milz scheinen sich häufig bei den Congestionszuständen nicht zu betheiligen. Die Hirnhöhlen pflegen keine Ausschwitzung zu enthalten. Amussat [1]) glaubt sogar, daß die Menge der Cerebrospinalflüssigkeit abnimmt.

Die reizende Wirkung, die der Aether im Anfange ausübt, verräth sich in manchen Säugethieren deutlicher, als in anderen. Thränen und Speichel dringen z. B. in Katzen, Hunden, und in einzelnen Kaninchen in reichlicherem Maaße hervor. Hunde bellen bisweilen anhaltend, bis sie heiser oder bewußtlos werden.

Die Zeit, in der die Betäubung zu Stande kommt, wechselt nicht bloß mit der Verschiedenheit der Geschöpfe, sondern auch mit der der Nebenverhältnisse. Es hängt von der Temperatur ab, wie viel Aether verdunstet. Hat man ein Thier in einen Behälter gesperrt, so kommen nicht bloß die Aetherdämpfe, sondern auch die Veränderungen, welche der eingeschlossene Luftraum durch die Lungen- und die Hautausdünstung erleidet, in Betracht. Man muß daher das Verhältniß des Umfanges des Thieres zu dem des Behälters und die Stärke jener Ausscheidungen berücksichtigen. Kann sich die Einathmungsluft nur langsam oder unvollkommen mit den Aetherdünsten sättigen, so wird auch die Wirkung schwächer ausfallen oder später eintreten.

Es darf unter diesen Umständen nicht befremden, daß die Zeiträume, welche die verschiedenen Schriftsteller angeben, im hohen Grade schwanken. Gruby [2]) erhielt z. B.

Thier.	Mittlere Zeit in Minuten.		
	Eintritt der Betäubung.	Dauer der Betäubung.	Eintritt des Todes.
Frösche	15 (?)	30	60 (?)
Mäuse	3	5	5
Kaninchen	5	9	12
Aeltere Hunde	15	15	44
Junge Hunde	2	11	18

Thierneſſe [3]) bemerkte, daß Pferde in 8 bis 12, Hunde und Kaninchen dagegen in 1 bis 2 Minuten mittelst eines von Dufay angegebenen Apparates betäubt werden. Steckt man nur den Kopf eines Hundes in ein Glas, dessen Rand mit einem Handtuche umwickelt ist und das einen Schwamm mit Aether enthält, so hält es das Thier

[1]) Amussat, in den Comptes rendus. Tome XXIV. 1847. p. 285.
[2]) Gruby, in den Comptes rendus. Tome XXIV. 1847. p. 192.
[3]) Thierneſſe, in Schleiden's und Froriep's Notizen Nr. 67. 1847. S. 9.

oft länger als eine halbe Stunde ohne Betäubung aus, wenn selbst der Aether von Zeit zu Zeit erneuert wird.

Junge Hunde scheinen schneller zu unterliegen und länger betäubt zu bleiben, als alte. Die Mäuse, die sehr viel Kohlensäure ausscheiden (Bd. I. S. 605.), gehen nach 3 bis 5 Minuten zu Grunde, wenn ihnen selbst ein im Verhältniß zu ihrer Körpermasse sehr umfangreicher Luftraum zu Gebote steht.

Die Dauer der Betäubung wächst nicht mit der Zeit, die zu dem Eintritte derselben nöthig ist. Zwei bis drei Monate alte Katzen mußten verhältnißmäßig lange in dem Aetherapparate verweilen, bis sie zusammensanken. Nahm ich sie dann wieder heraus, so athmeten sie sogleich lebhafter. Ein Hautschnitt entlockte ihnen bald wieder Schmerzausdrücke. Eine Taube, die 18 Minuten in der Aetherluft verweilt hatte, hier zusammengesunken und einen Augenblick in Krämpfe verfallen war, athmete lebhafter, öffnete die Augen und schlug mit Füßen und Flügeln um sich, so wie sie an die Luft kam.

Gehen wir zu den Erscheinungen, welche die Rückkehr aus den höchsten Graden des Scheintodes darbietet, über, so wollen wir ein schwarzes Kaninchen von gleichem Alter, wie das S. 517. erwähnte zum Beispiel nehmen. Das Thier bewegte die Nasenlöcher mit großer Lebhaftigkeit schon in der ersten Minute, in der es in den Aetherdünsten verweilt hatte. Es schloß die Augenlider zur Hälfte und legte die Ohren nach hinten. Die Sehlöcher hatten sich eher verkleinert, als vergrößert. Die matten Augen wurden in den folgenden zwei Minuten mehrere Male geöffnet und geschlossen. Das Geschöpf verlor dann seine aufrechte Haltung. Die lebhafte Bauchathmung trat $3\frac{1}{2}$ Minuten nach dem Beginn des Versuches hervor. Sie und das Spiel der Nasenlöcher gewannen an Schnelligkeit, bis endlich das Kaninchen einer Leiche glich und nur noch sehr schwach athmete. Reichliche Thränenbäche waren indeß zu den Spalten der Augenlider herausgetreten.

Wurde nun das dem Tode nahe Thier, das $6\frac{1}{2}$ Minuten in dem Aetherdunste verweilt hatte, an die Luft gebracht, so lag es leichenhaft da. Die Sehlöcher hatten sich in mäßigem Grade erweitert. Das Kaninchen begann sogleich lebhafter mit dem Munde und abwechselnd mit den Brust- und den Bauchmuskeln zu athmen. Es streckte hin und wieder die Zunge hervor. Eine wässerige Flüssigkeit quoll zur Nase heraus. Berührte ich die Oberfläche der Bindehaut $\frac{1}{4}$ Minute, nachdem das Thier an der Luft gelegen, so schlossen sich die Augenlider. Die Schnelligkeit der Athmung nahm dann in den nächsten 5 Minuten ab. Drückte ich die Zehen oder den Schwanz nach $6\frac{1}{2}$ Minuten zusammen, so blieben der Rumpf und die Glieder ruhig liegen. Es bewegten sich aber der Unterkiefer, die Zunge oder die Augenlider. Das Thier stellte sich nach $8\frac{1}{2}$ Minuten auf und litt von nun an nicht mehr, daß man es umlegte. Während aber die Vorderbeine den Körper, wie gewöhnlich stützten, erhielten sich die Hinterbeine noch in jener passiven Lage, die sie während der Betäubung angenommen hatten. Hautreize, ein heftiger Zug an den Tasthaaren führten zu keinen allgemeinen Gegenbewegungen. Drückte ich das eine Hinterbein $14\frac{1}{2}$ Minuten nach der Wirkung der Atmosphäre kraftvoll zusammen, so stellte sich das Kaninchen auch auf den Hinterbeinen auf und gebrauchte sie von nun an zur Unterstützung des Rumpfes. Es hob eine Minute später die Ohren, bewegte 2 Minuten darauf den Kopf, schloß die Augenlider, so wie man einen Stab dem Auge näherte und erschrack vor einem starken Geräusche. Es lief endlich 35 Minuten nach dem Einathmen der Luft, wenn man es berührte, fort und erschien von nun an höchstens etwas träger als sonst. Koth und Harn waren während der ganzen Versuchsdauer nicht ausgetreten.

Es kommt in anderen Fällen vor, daß die Kaninchen während der Erholungszeit aufschreien, zittern oder Koth entleeren. Einzelne krankhafte Zustände können noch länger zurückbleiben. Tödtet man das Thier 24 Stunden später, so ereignet es sich, daß man Faserstoffgerinsel in den ausgedehnten Herzhöhlen vorfindet. Die Lungen können einzelne mit Blut überfüllte oder emphysematöse Stellen darbieten.

Ein großer frisch eingefangener grüner Grasfrosch wurde im Anfange unruhig. Er sprang bisweilen in die Höhe und bewegte die Nasenlöcher mit großer Lebhaftigkeit. Dieser Sturm verschwand aber bald. Das Thier blieb dann mit halb, und später mit völlig heraufgezogenem Augenlide sitzen. Diese Veränderung fand sich übrigens an jedem der beiden Augenlider zu verschiedenen Zeiten ein. Der vollkommen regungslos gewor-

dene Frosch wurde 2½ Minuten nach dem Beginn der Aetherwirkung aus dem Apparate genommen. Ein Druck, der die Zehen, die Bauchhaut, die Rückenhaut oder das Augenlid traf, erzeugte keine Bewegungen mehr.

Hatte das Thier 3½ Minuten an der Luft gelegen, so öffnete es die Augen, schloß sie aber bald darauf von Neuem. Die Nasenlöcher und die Bauchmuskeln begannen dann sogleich zu spielen. Drückte man 1½ Minuten später die Vorder- oder die Hinterzehen zusammen, so erhielt man noch keine Reflexbewegungen. Berührte man dagegen die Oberfläche des Auges, so ging das untere Augenlid in die Höhe. Wiederholte man die Versuche nach 1½ Minuten, so erzeugte ein auf die linke Vorderzehe ausgeübter Druck eine Stoßbewegung des Leibes, die nach rechts gerichtet war. Die Reizung der Vorderzehen der rechten Seite oder der beiden Hinterzehen dagegen führte jetzt noch zu keinem Ergebnisse. Wartete man ¾ Minuten, so wurde ein Reiz, der die Vorderzehen traf, beantwortet, eine Anregung der Hinterzehen dagegen unbeachtet gelassen. Legte man den Frosch ¾ Minuten später auf den Rücken, so blieb er noch regungslos liegen. Streckte man alle vier Glieder, so bewahrten sie im Anfange die ihnen angewiesene Lage. Das rechte Vorderbein wurde aber nach 1½ Minuten schwach angezogen. Die Muskeln der Hinterbeine zuckten ebenfalls binnen Kurzem ohne äußere Veranlassung. Das Thier beugte endlich eine Minute darauf die beiden Hinterbeine und das rechte Vorderbein, während das linke in seiner passiven Lage verharrte. Der Frosch fing nach 2 Minuten zu kriechen an. Er ließ sich noch ohne Widerstreben auf den Rücken legen. Die sichtliche Athembewegung der Bauchmuskeln hatte indeß ununterbrochen fortgedauert.

Drückte man eine Hinterzehe, 15½ Minuten nachdem das Thier an die Luft gekommen war, zusammen, so sprang es weit fort. Legte man es auf den Rücken, so drehte es sich zwar um, benahm sich aber hierbei minder geschickt, als ein gesundes Geschöpf. Wiederholte man den Versuch dreimal hintereinander, so blieb endlich der Frosch ¾ Minuten auf dem Rücken liegen, ehe er sich umwendete. Er sprang noch 2 bis 3 Minuten in langsamen Sätzen, zwischen denen er ausruhte, ließ sich ohne Widerstand einfangen und zeigte überhaupt noch deutliche Merkmale von Erschöpfung. Er gewann endlich nach und nach an Lebhaftigkeit, bis alle äußeren Erscheinungen zu dem regelrechten Zustande zurückkehrten.

Manche Frösche schließen die Augen während des Betäubungszustandes nicht. Andere verfallen in Schlafsucht, ohne daß die Zeichen der Aufregung vorangehen. Es kam mir auch vor, daß das Thier während der ersten Zeit einen Flüssigkeitsstrahl zum After heraustrieb. Schlangen lieferten ähnliche Schwankungen. Hatte ich eine kleine Natter an einem warmen Sommertage dem Aetherdampfe ausgesetzt, so rollte das Thier sehr lange auf das Lebhafteste herum. Es verfiel in einen Grad von Aufregung, wie ich ihn sonst bei keinem Geschöpfe gesehen habe. Wiederholte ich den Versuch mit einer großen Natter im Herbste bei + 8° C., so fielen die Bewegungen, die 15 Minuten anhielten, sehr träge aus. Es wäre möglich, daß der niedere Wärmegrad eine Art von Erstarrung erzeugt hatte, die stürmischere Aeußerungen hinderte. Kröten lassen bisweilen eine schleimigte Flüssigkeit aus ihrer Haut hervortreten. Auch Frösche fühlen sich manches Mal glatter an.

Man kann die Aetherisation der Frösche bis zum völligen Verluste aller Athembewegungen fortsetzen, ohne daß deshalb das Leben aufgehoben wird. Läßt man die völlig regungslosen Geschöpfe auf dem Rücken in der Luft liegen, so bemerkt man häufig an dem Schlage der entsprechenden Theile der Bauchdecken, daß das Herz fortklopft. Hat sich dieses Zeichen eingefunden, so kann man die Erholung des Thieres mit vieler Wahrscheinlichkeit voraussagen. Es beginnt später das Spiel der Kehle und der Bauchmuskeln und das Thier kehrt endlich zu seinen früheren Lebensverhältnissen allmählig zurück.

Oeffnete ich betäubte Frösche, deren Bauchdecken sich völlig ruhig zu verhalten schienen, so begegnete es mir nicht selten, daß das bloßgelegte Herz dessenungeachtet fortklopfte. Die Flimmerbewegung der Mundschleimhaut, der Lungen und des Eileiters hatte sich in ihrer gewohnten Lebhaftigkeit erhalten. Sie dauerte dann oft noch Tage lang. Die mit Wasser verdünnte Samenmasse zeigte in geeigneten Fällen, daß ihre Samenfaden ihre Regsamkeit bewahrten. Drückte ich den Magen oder den Darm zusammen, so erhielt ich beträchtliche ringartige Einschnürungen. Die Verkürzung ging häufig wurmförmig weiter.

Eine Versuchsreihe, die ich mit acht, frisch eingefangenen grünen Grasfröschen anstellte, kann beispielsweise zeigen, in wie fern einzelne Körperverletzungen die Aetherwirkungen beeinträchtigen oder nicht. Ich hatte sieben von ihnen in verschiedener Weise verwundet, brachte sie alle in ein 5200 C. C. fassendes Glasgefäß und schloß dieses mit einem Deckel, an dessen Haken der mit Aether getränkte Schwamm befestigt war. Die Wirkung der Aetherdämpfe begann mithin ungefähr gleichzeitig für alle Thiere. Es ergab sich:

Nro.	Körperzustand.	Lebenserscheinungen.
1.	Unversehrt.	Liefert nach 1′ 40″ schwache Reflexbewegungen. Wird später vollkommen scheintodt, erholt sich aber in der Folge an der Luft gänzlich.
2.	Ein Stück von ungefähr einem Quadratcentimeter Umfang aus der Mitte der Rückenhaut ausgeschnitten.	Nach 1′ betäubt. Erholt sich später vollständig.
3.	Die Großhirn-, die Seh- und die Vierhügellappen bloßgelegt, aber nicht verletzt.	Nach ungefähr 2′ betäubt. Bietet keine Reflexbewegungen mehr dar. Erholt sich später in der Luft vollkommen.
4.	Die Großhirn- und zum Theil die Sehlappen ausgeschnitten.	Nach ungefähr 1′ betäubt. Erholt sich in der Luft vollständig.
5.	Die Großhirn-, die Seh- und die Vierhügellappen entfernt.	Schon nach ungefähr 25″ keine Reflexbewegungen mehr. Ein auf das Hüftgeflecht ausgeübter Druck erregt Zuckungen im Schenkel. Das Thier athmet später in der Luft hin und wieder. Das Herz klopft langsam.
6.	Die Großhirn-, die Seh-, die Vierhügellappen und das verlängerte Mark bis zur Gegend des zweiten Wirbels herausgeschnitten.	Bietet noch nach 3′ 40″ Reflexbewegungen dar. Erholt sich insofern an der Luft, als in der Folge weit heftigere Reflexbewegungen der Hinterbeine möglich werden.
7.	Das Rückenmark in der Gegend des vierten bis sechsten Wirbels bloßgelegt.	Nach ungefähr 1′ betäubt. Erholt sich später vollständig, zeigt aber früher Reflexbewegungen in den Vorderbeinen.
8.	Das Herz ausgeschnitten.	Springt im Anfange lebhaft herum, bewegt sich noch, wenn schon die anderen Frösche ruhig liegen, zieht nach 4′ das eine Hinterbein ohne sichtliche Veranlassung an, wird endlich später betäubt und scheint sich an der Luft nicht mehr zu erholen.

Wir können hieraus schließen, daß der Aetherdampf zunächst in das Blut und von da zu den Nervengebilden geht. Ist ihm dieser Weg verschlossen, so tritt die Betäubung später ein, weil die Dünste überhaupt nur sparsamer und langsamer die Gewebe, welche das centrale Nervensystem umgeben, durchdringen. Die Entfernung eines beträchtlichen Hautstückes, durch welches größere Blutgefäße entblößt werden, scheint dagegen die Wirkung zu beschleunigen. Hat man das gesammte Gehirn nebst dem verlängerten Marke ausgeschnitten, so kann der Frosch immer noch durch Aether betäubt und in der Luft wiederhergestellt werden, zum Beweise, daß die Athembewegungen kein nothwendiges Zwischenglied dieser beiden Arten von Erscheinungen darstellen. Ist das verlängerte Mark durch die Entfernung der umgebenden Gebilde und durch die Ausrottung des großen Gehirns und der Vierhügel der unmittelbaren Wirkung der Aetherdämpfe zugänglicher gemacht worden, so scheint auch die Lähmung rascher einzutreten.

Die Wirkung des Aethers hängt nicht, wie die des Strychnins, von der Anwesenheit gewisser Centralgebilde ab. Man kann daher einzelne losgeschnittene Körpertheile durch die Aetherdünste unthätig machen. Erholen sie sich später an der Luft, so werden sie in der Folge in den Aetherdünsten von Neuem betäubt.

Präparirt man die beiden Hinterbeine eines Frosches, wie es §. 2133. Fig. 41 dargestellt ist, und legt das eine in Aetherdampf, während das andere an der Luft bleibt, so findet man, daß ein den Hüftnerven treffender Druck in jenem Schenkel früher als in diesem versagt. Bringt man ein klopfendes Froschherz in den Aetherapparat, so steht es eher, als in der freien Luft still. Es kann sich an der Atmosphäre so weit erholen, daß es in Folge eines die Vorhöfe treffenden mechanischen Reizes eine Zeit lang fortschlägt. Der Aetherdampf vermag dann diese Thätigkeit abermals aufzuheben.

Die Flimmerbewegung und wahrscheinlich auch die Regungen der Samenfaden führen zu ähnlichen Verhältnissen. Wir haben schon S. 520 gesehen, daß z. B. die Mundschleimhaut eines Frosches, der durch Aether vollkommen betäubt worden, auf das Lebhafteste flimmert. Schneidet man zwei Stückchen aus, präparirt sie so, daß man die Thätigkeit der Flimmerhaare genau verfolgen kann (§. 1965.), legt das eine in Aetherdünste und das andere in die Luft, so wird man sich überzeugen, daß die Flimmerbewegung in den Aetherdämpfen früher stille steht. Die Härchen fallen hierbei nicht nothwendiger Weise ab. Man kann sie häufig in größeren Strecken deutlich erkennen. Hatte ich ein soches Präparat vor mir, so ereignete es sich, daß die Flimmerbewegung nach einiger Zeit in der Luft von selbst begann oder daß sie durch ein starkes Klopfen auf den Tisch abermals angeregt wurde. Es kann hierbei das Stückchen Flimmerhaut mit etwas Wasser befeuchtet sein. Die Betäubung und die Erholung kommen dessenungeachtet zu Stande.

Es ergiebt sich schon aus dem früher Dargestellten, daß die Thätigkeiten der einzelnen Theile des Nervensystems zu ungleichen Zeiten aufgehoben und wiederum später zu verschiedenen Perioden von Neuem hergestellt werden. Die an Säugethieren gemachten Versuche führen im Allgemeinen zu dem Schlusse, daß die Empfänglichkeit der hinteren Rückenmarkswurzeln nach dem Einathmen der Aetherdämpfe früher, als die Bewegungseinflüsse der vorderen schwinden. Spritzte dagegen Flourens [1]) flüssigen Aether in die Schlagadern von Hunden, so ging die Bewegungskraft, nicht aber die Empfindlichkeit zu Grunde. Es war hierbei für das Hauptergebniß gleichgültig, in welcher Richtung die Aetherflüssigkeit eingetrieben wurde.

Die Trübung der äußeren Eindrücke, des Denkens und der zweckmäßigen Verbindung der willkührlichen Bewegungen, die in dem Anfange der Aetherwirkung hervortritt, deutet darauf hin, daß das große und das kleine Gehirn am Leichtesten ergriffen werden oder daß die geringsten Gleichgewichtsstörungen dieser Gebilde die auffallendsten Folgen nach sich ziehen, weil jene Nerventheile die zartesten Seiten des Organismus berühren, weil in ihnen die Endfäden aller höheren Thätigkeiten zusammenlaufen. Das Rückenmark stirbt später und das verlängerte Mark, wenigstens in seinen den Athembewegungen vorstehenden Gebilden zuletzt ab. Diese sind es auch, die sich zuerst erholen, während die zweckmäßigen Verbindungen der Bewegungen und die klare Auffassung der Eindrücke nur, wenn wieder eine gewisse Menge von Aether abgedunstet ist, hervortreten.

Vergleichen wir die Enderscheinungen, welche die in höchstem Grade betäubten Thiere liefern, so können wir die Grenze, bei der das Leben unter dem Einflusse des Aethers erlöschen muß, genauer bestimmen. Mag das Thier auch noch so sehr das Bild des Todes darbieten, so wird es sich doch fast immer an der Luft erholen, so lange das Athemspiel und mithin auch der Herzschlag, wenn selbst geschwächt fortdauert. Der Kreislauf kann dann die zarte Lebensflamme erhalten und das Blut den Aether nach und nach fortführen. Stehen die Athembewegungen still, sind mithin nicht bloß das Gehirn und das Rückenmark, sondern auch das verlängerte Mark gelähmt, so kann zwar das Herz noch fortklopfen; der übrige Erfolg hängt aber von der Beschaffenheit der Geschöpfe ab. Die in ihren Lebensverhältnissen so zähen Frösche erholen sich in der Regel selbst dann noch nach längerer oder kürzerer Zeit, weil ihr Organismus eine längere Unterbrechung des Athmens aushält. Der Kreislauf gewinnt wahr-

[1]) Flourens, in den Comptes rendus. Tome XXIV. Paris 1847. 4. pag. 482 — 85. und p. 905 — 908.

scheinlich eine immer größere Ausdehnung, das Blut läßt immer mehr Aether durch die Haut abdunsten, bis die in dem verlängerten Marke befindlichen und indeß nicht abgestorbenen Centralwerkzeuge des Athmens entlastet und mit ihnen die Wiederkehr der übrigen Lebenserscheinungen gesichert sind. Es ist mir jedoch auch vorgekommen, daß ein Frosch, den ich kurz hinter einander zwei Mal betäubte, trotz des anfangs vorhandenen Herzschlages nicht wieder auflebte. Die Lage auf dem Rücken scheint übrigens günstigere Verhältnisse als die auf dem Bauche darzubieten.

Säugethiere unterliegen weit eher, weil die Bewegung ihres Herzens und ihre Reizbarkeitsverhältnisse überhaupt mit dem Aufhören des Athmens binnen Kurzem zu Grunde gehen. Wir sehen aber, daß das verlängerte Mark den Knotenpunkt der Lebensthätigkeiten hier, wie in vielen anderen Fällen, bildet. Diese höhere Bedeutung kommt jedoch nur den Theilen des verlängerten Markes, welche die Athembewegungen leiten, zu.

Man kann sich an Hunden überzeugen, daß es einen sehr kurzen Zeitraum der Aetherbetäubung giebt, in dem keine Reizung des verlängerten Markes Schmerzenslaute hervorruft oder allgemeine kräftige Bewegungen veranlaßt, in dem aber das Athmungsspiel fortdauert und die Möglichkeit der späteren Erholung wahrscheinlich noch nicht aufgehoben ist. Das Rückenmark hat dann schon seine empfindenden und seine bewegenden Eigenschaften verloren.

Ist dieser Theil des centralen Nervensystems unthätig geworden, so können noch die peripherischen Nervenstämme z. B. das Hüftgeflecht Verkürzungen anregen. Ging auch hier die Empfänglichkeit verloren, so erhält man noch die lebhaftesten Zusammenziehungen, so wie man die Muskelmasse selbst mit den Drähten einer galvanischen Vorrichtung anspricht. Es tritt endlich ein Zeitpunkt ein, in dem die stärksten Schläge des Magnetelektromotors keine Spur von Zuckungen erzeugen. Frösche können sich dessenungeachtet erholen. Geschieht dieses, so besteht das erste Lebenszeichen außer dem schwachen Herzschlage darin, daß die Zehen, die Kehl- oder die Bauchmuskeln zittern, so wie man kräftige elektrische Schläge durch sie hindurch leitet.

Will man die Reflerbewegungen beurtheilen, so muß man die Art der Reizung berücksichtigen. Die Elektricität kann nämlich weit früher, als eine mechanische oder eine chemische Anregung zum Ziele führen. Ich hatte z. B. einen Frosch, der seit einem Jahre ohne weitere Nahrung in einem künstlichen Teiche aufbewahrt worden, 6 Minuten lang in Aetherdampf verweilen lassen. Das Thier war dann völlig scheintodt. Es machte keine Athembewegungen mehr. Man konnte nur den Herzschlag durch die Bauchdecken erkennen. Die ersten Reflerbewegungen stellten sich 1½ Minuten, nachdem es wieder an der Luft gelegen hatte, ein. Berührte ich eine Zehe des Hinterfußes mit den Drähten des Magnetelektromotors, so erhielt ich binnen Kurzem Reflerbewegungen beider Hinterbeine. Ich mußte dagegen noch 29 Minuten warten, ehe ein auf die Zehen ausgeübter Druck den gleichen Erfolg nach sich zog. Man kann übrigens in solchen Fällen hin und wieder bemerken, daß nur ein mäßig starker Strom zu dem gewünschten Erfolge führt, ein kräftigerer dagegen keine Reflerbewegungen veranlaßt.

Die schon früher erwähnten Thatsachen deuten klar darauf hin, daß die Reflerbewegungen der Augenlider der sich erholenden Säugethiere oder Frösche eher, als die der Rumpfglieder möglich werden. Die Vorderbeine haben auch in dieser Hinsicht den Vorrang vor den Hinterbeinen. Halten wir uns nur an die eben genannten Gebilde, so scheinen auch im Allgemeinen diejenigen Theile, welche ihre Kräfte am Frühesten wiedergewinnen, der Wirkung des Aetherdampfes am Spätesten zu erliegen. Die Verhältnisse, welche die Augenlider darbieten, hängen wahrscheinlich mit dem späten Absterben des verlängerten Markes, das die Fasern des dreigetheilten und des Antlitznerven aufnimmt, zusammen. Man darf jedoch hieraus nicht auf alle Gebilde, welche Zweige von jenen Nerven beziehen, zurückschließen. Die mechanische Reizung der Tasthaare oder der Ohren von Kaninchen führt oft noch zu keinem merklichen Erfolge, wenn schon das Kitzeln der Bindehaut den Schluß der Augendeckel nach sich zieht.

Es kann sich ereignen, daß die Anregung der Zehen der Hinterfüße des Frosches keine Reflerbewegungen der Körpermuskeln zur Folge hat, daß aber ein auf den Magen ausgeübter Druck glücklichere Ergebnisse herbeiführt. Erinnern wir uns, daß die Anwesenheit des verlängerten Markes die Möglichkeit der durch die Baucheingeweide vermittelten Reflerbewegungen in hohem Grade erleichtert (S. 485.), so können wir jene

Erscheinung mit der Zähigkeit, mit der das verlängerte Mark dem Aether widersteht, in Beziehung bringen.

Erholt sich der betäubte Organismus, so stößt man auf einen Zeitpunkt, in dem eine ungewöhnliche Kraftanstrengung eine mehr oder minder anhaltende Erschöpfung zur Folge hat. Rief ich die Reflexbewegungen der Hinterbeine durch die S. 523 erwähnte elektrische Reizung mehrere Male hinter einander hervor, so versagte der Versuch später. Ich erhielt schwache Beugungen oder nur ein beschränktes Zittern der Zehen. Wartete ich eine Zeit lang, so kamen die ausgedehnteren Reflexbewegungen zum Vorschein. Hatte ich den Frosch völlig betäubt und legte ich den einen starken Drath des Magnetelektromotors an die Mundspitze und den anderen an die Aftergegend, so wie das schwache Klappen der Kehlmuskeln begonnen hatte, so entstanden allgemeine Starrkrämpfe, bei denen jedoch die Hinterbeine keinen großen Widerstand der Beugung entgegensetzten. Die Kehlmuskeln ruhten aber beinahe eine Minute, nachdem die elektrischen Ströme zu wirken aufgehört hatten. Wartete ich, bis sie wieder von selbst stärker klappten, die Bauchmuskeln dagegen ihre Thätigkeit noch nicht begonnen hatten, so rief die Wiederholung des Versuches einen Sillstand der Athembewegungen, der nur einige Secunden dauerte, hervor. Begann ich die Beobachtung noch später, so unterdrückte der Galvanismus die Athembewegungen nicht mehr. Er wirkte sogar in sofern günstig, als von nun auch die Bauchmuskeln an dem Athmungsspiele Theil nahmen.

Hat der Aetherdampf eine Zeit lang gewirkt, so erschlaffen die Muskeln. Die Hinterbeine des Frosches hängen lose herab. Operirt man in diesem Zeitraume zwischen den Muskeln des Menschen, so leisten sie weniger Widerstand als sonst. Werden sie durchschnitten, so ziehen sie sich in geringerem Maaße zurück. Es hat mit einem Worte ihre Spannkraft abgenommen. Ein starker elektrischer Strom kann sie dessenungeachtet noch zur Verkürzung zwingen

Etwas Aehnliches wiederholt sich wahrscheinlich in den übrigen Weichgebilden. Man hat deshalb auch den Aetherdampf versucht, um Verrenkungen leichter einzurichten oder Eingeweidebrüche zurückzubringen.

Prüft man die Verhältnisse, welche die Muskeln darbieten, genauer, so findet man, daß hier viele Erscheinungen, die bei dem Verluste der Reizbarkeit getödteter Geschöpfe auftreten, wiederkehren. Gebraucht man den Magnetelektromotor, so ergiebt sich, daß die galvanischen Ströme, die man durch das Rückenmark leitet, im Anfange Starrkrämpfe erzeugen und daß diese immer die Reizung selbst längere Zeit überdauern. Das Gleiche wiederholt sich später, wenn man die peripherischen Nerven und die Muskeln untersucht. Es kommt dann ein Zeitraum, in dem sich zwar die Hinterbeine des Frosches strecken, der Beugung dagegen einen nur geringen Widerstand entgegensetzen. Man hat endlich einen Augenblick der Betäubung oder der Erholung, in welchem die Hinterbeine nicht gestreckt, sondern die Oberschenkel an den Unterleib angezogen werden.

Die (hinteren) Lymphherzen des Frosches bewahren ihre Bewegungen mit auffallender Hartnäckigkeit. Ich hatte z. B. die Haut, welche das linke hintere Lymphherz bedeckt, in einem ungefähr vor einem Jahre eingefangenen Frosche hinweggeschnitten. Wurde nun das Thier in dem Grade betäubt, daß nicht nur mechanische Reize, sondern selbst die großen Dräthe des kräftig geladenen Magnetelektromotors keine Spur von Reflexbewegungen hervorriefen, so klopften dessenungeachtet die beiden hinteren Lymphherzen schnell und lebhaft fort. Die Entfernung der Haut hatte keinen auffallenden Unterschied nach sich gezogen. Es gab hierbei im Anfange einen Zeitraum, der ein eigenthümliches Verhalten darbot. Legte ich nämlich die dickeren Dräthe des Magnetelektromotors zu beiden Seiten des entblößten linken Lymphherzens an, so schlug dieses mit größerer Geschwindigkeit. Wiederholte ich den Versuch, indem ich die beiden Seiten der Wirbelsäule berührte, so standen beide Lymphherzen still. Ihre Ruhe dauerte merklich längere Zeit, als die elektrische Anregung. Es war hierbei gleichgültig, welche Stelle zwischen dem zweiten und siebenten Wirbel berührt wurde. Hatte ich den Doppelversuch mehrere Male mit dem gleichen Erfolge wiederholt und hatte daher indeß der Frosch einige Minuten an der Luft gelegen, so stand endlich das hintere Lymphherz still, so wie man nur die Dräthe zu beiden Seiten desselben anlegte.

Obgleich die elektrischen Schläge das Rückenmark der ganzen Quere nach durchsetzten und einen gewissen Längenschnitt desselben vermöge ihrer Seitenausbreitung anregen mußten, so blieben doch im Anfange die Bauchmuskeln und die Hinterbeine vollkommen

ruhig, während die Lymphherzen stillstanden. Wir sehen hieraus, daß der Einfluß, den das Rückenmark auf diese Gebilde ausübt, später als die Wirkung auf die freien Körpermuskeln zu Grunde geht.

Stehen endlich die Lymphherzen still, so klopft das Blutgefäßherz noch eine Zeit lang fort. Diese größere Zähigkeit rührt nicht von der verborgenen Lage des Herzens her. Ich entfernte einen Theil des Brustbeines eines lange vorher eingefangenen Frosches, so daß das Herz von selbst vorfiel, und brachte das Thier, nachdem die Blutung gestillt war, in Aetherdampf. Es sprang hier im Anfange mit auffallender Lebhaftigkeit herum und wurde dann ruhiger, während das Herz sichtlich schneller, aber, wie es schien, kraftloser schlug. Ich setzte die Betäubung so lange fort, daß selbst die kräftigsten Schläge des Magnetelektromotors keine Zuckungen hervorriefen. Das Herz hatte dessenungeachtet keinen Augenblick zu klopfen aufgehört.

Legt man das Herz eines in hohem Grade betäubten Frosches bloß, so bemerkt man häufig, daß es schwach und langsam schlägt, daß es aber noch beträchtlich mit Blut gefüllt wird und den gewöhnlichen Wechsel der Vorkammer- und der Kammerzusammenziehung darbietet. Doppelschläge und andere Unregelmäßigkeiten der Art sind mir hierbei nicht vorgekommen. Ich konnte es noch in diesem Zustand durch elektrische Reizung des verlängerten Markes zum Stillstande bringen. Es ereignete sich hierbei in einem Falle, daß es auch nach der Entfernung der Leitungsdräthe ruhig blieb. Legte ich diese an die Querfurche, so klopfte es wieder, aber nur so lange, als die elektrischen Ströme durchgingen. Der Versuch ließ sich zwei Mal hinter einander mit dem gleichen Erfolge anstellen. Wiederholte ich ihn in einem zweiten Frosche, so gelang er nur das erste Mal. Stand später das Herz still, so brachten es die elektrischen Ströme von Neuem in Thätigkeit. Es klopfte dann eine Zeit lang von selbst fort.

Will man das Verhalten des Capillarkreislaufes während der Aetherbetäubung beobachten, so spannt man die Schwimmhaut des einen Hinterbeines in der Bd. I. S. 470 Fig. 142 abgebildeten Vorrichtung aus und legt ein mit Aether durchtränktes Schwämmchen in den Kasten *b*. Man muß sich aber hier vor zwei Täuschungen in Acht nehmen. Hat man die Schwimmhaut zu sehr angespannt, so steht der Blutlauf auf der Stelle oder viel früher, als er sollte, still. Sind die Theile während der Beobachtung in hohem Grade ausgetrocknet worden, so kann sich ihr Capillarkreislauf später, als in der gesunden Schwimmhaut erholen.

Es zeigt sich hierbei, daß das Blut in einer größeren Menge von Haargefäßen stockt und auffallend rothe und undurchsichtige Säulen bildet, während es in anderen Aesten lebhaft dahinströmt. Liegt auch der Frosch scheintodt, so daß er sich erst nach mehreren Stunden vollständig erholt, so dauert doch noch die Strömung des Blutes in einzelnen Gefäßen der Schwimmhaut fort. Sie verlangsamt sich nur in der Folge in merklichem Grade. Ich konnte dagegen kein durch den Aether bedingtes pulsatorisches Vor- und Rückwärtsschreiten, keine Blutergüsse und überhaupt keine Erscheinungen entzündlicher Reizung wahrnehmen. Die Untersuchung des Capillarkreislaufes ist aber im Stande, die noch übrigen leisen Regungen des Herzens, die man kaum mehr durch die Bewegung der entsprechenden Stellen der Bauchhaut erkennt, nachzuweisen.

Als Harleß [1]) die eine Schwimmhaut eines betäubten Frosches mit Essigsäure betupft hatte, stand die Blutbewegung in beiden Schwimmhäuten still. Sie kehrte später in der gesunden, nicht aber in der, welche mit der Säure in Berührung gekommen war, wieder. Es hatte sich zugleich die Zahl der Herzschläge durch diesen Eingriff vergrößert. Es ist mir nicht geglückt, den Versuch mit demselben Erfolge zu wiederholen. Ich hatte einen mittelgroßen, frisch eingefangenen grünen Grasfrosch $2\frac{1}{2}$ Minuten lang in Aetherdampf verweilen lassen. Das Thier war vollkommen betäubt und zeigte keine Spur von Athembewegung mehr. Ich spannte nun jede der beiden Schwimmhäute auf einem durchbohrten Korke, dessen Oeffnung eine Glasplatte enthielt, aus und überzeugte mich, daß sich das Blut in den meisten Blutgefäßnetzen mit Lebhaftigkeit fortbewegte. Ich ließ dann die linke Schwimmhaut unter dem Mikroskope liegen, während ich die rechte mit Essigsäure begoß. Dieser Eingriff rief Reflexbewegungen hervor. Die Kehlmuskeln leiteten ihr Athmungsspiel von nun an ein. Der Kreislauf der linken Schwimm-

[1]) Bibra u. Harless, a. a. O. S. 142.

haut, die nicht benetzt worden war, wurde keinen Augenblick unterbrochen. Ich verfolgte ihn noch während der ganzen Erholungszeit. Die Blutbewegung stand dagegen in der anderen Schwimmhaut, die mit Essigsäure durchdrungen worden war, vollkommen still. Sie fehlte noch, als schon das Thier seine frühere Lebhaftigkeit wieder gewonnen hatte.

Hatte ich Frösche, bis alle Athembewegung aufhörte, betäubt und schnitt ihnen dann das noch klopfende Herz aus, so ereignete es sich dessenungeachtet, daß sich die Thiere theilweise erholten. Es kam mir z. B. ein Mal vor, daß die Kehle von selbst zu klappen anfing und daß Reflexbewegungen in den Hinterbeinen nach einiger Zeit auftraten.

Das Schlagaderblut kann noch die Maximalwerthe seines hydrostatischen Druckes während der höchsten Grade der Betäubung darbieten. Fügte ich z. B. einen der Bd. I. S. 452 abgebildeten Ansätze seitlich in die Carotis eines Hundes, der zuerst Aetherdämpfe und dann, da diese nicht recht durchgriffen, Chloroformdünste eingeathmet hatte, so betrug der höchste Werth der Stromkraft 196 bis 212 Mm. Quecksilber, wenn das obere Stück der Carotis unterbunden war. Wurde dagegen diese Ligatur gelüftet und der Blutlauf frei gegeben, so hielt sich die Stromkraft zwischen 140 und 184 Mm.

Der Magen und der Darm der betäubten Frösche bewahren ihre Empfänglichkeit für örtliche Ansprüche für lange Zeit. Hatte selbst die Unempfindlichkeit einen hohen Grad erreicht, so gelang es mir doch noch bisweilen, jene Theile durch elektrische Reizung des verlängerten Markes oder des Rückenmarkes zur Verkürzung zu zwingen.

Hat ein Mensch oder ein Thier Aetherdämpfe eingeathmet, so kann man den Aether im Blute nachweisen. Die Blutkörperchen sollen gezackte Formen leichter annehmen. Bringt man Aetherdampf mit hellrothem oder mit dunkelrothem Blute in Berührung, so zeigt sich nach Bibra und Harleß [1]) keine Farbenveränderung, die nur dem Einflusse des Aethers zugeschrieben werden könnte. Die dunkelere Farbe, die das Blut des lebenden Geschöpfes darbietet, scheint hiernach nicht sowohl von dem unmittelbaren Einflusse des Aethers, als von der gestörten Umwandlung des Blutes herzurühren.

Ist ein Thier durch Aether- oder Chloroformdämpfe nachdrücklich und in längerer Zeit betäubt worden, so sinkt die Eigenwärme in auffallendem Grade. Ich schob z. B. ein mit einer kleinen Kugel und einer sehr dünnen Steigröhre versehenes Thermometer etwas über 1 C. C. in die Scheide eines sehr großen Kaninchens ein. Es ergaben sich dann 36°,3 C. Ließ ich hierauf das Thier 8 Minuten in den Aetherdünsten verweilen, so daß es vollkommen betäubt war und nur noch schwach athmete, so lieferte der gleiche Versuch 33°,6 C. mithin 2°,7 C. weniger. Eine große und fette Henne ergab 41°,8 C. für ihre Cloake. Hatte ich sie 3½ Minuten dem Einflusse der Aetherdämpfe ausgesetzt, so konnte man keine lebhaften Athembewegungen mehr erkennen. Einzelne Unterleibsfedern wurden nur noch lose hin- und hergezogen. Prüfte ich die Wärme der Cloake, unmittelbar nachdem das Thier aus dem Aetherglase herausgenommen worden war, so erhielt ich 40°,8 C. oder 1° C. weniger, als früher. Duméril und Demarquay [2]) bemerkten ebenfalls, daß die Eigenwärme von Hunden und Hühnern, die durch Aether oder durch Chloroform betäubt worden waren, merklich abgenommen hatte. Spritzten sie beträchtliche Mengen von Weingeist in den Magen von Hunden, so wiederholte sich das Gleiche während des höchsten Grades der Betäubung. Die Eigenwärme stieg aber später von Neuem. Wiederholten sie dagegen den Versuch mit Opiumtinctur, so erhöhte sich die Temperatur des Mastdarmes um 0°,5 C.

Eine Erscheinung, die mir an einer Henne vorkam, kann deutlich beweisen, daß die Betäubung auch ohne die Abnahme der Eigenwärme einzutreten vermag, daß nur die Art und die Dauer der Wirkung beide Veränderungen in den meisten Fällen verbindet. Ich setzte eine ausgewachsene Henne in einen verhältnißmäßig nicht sehr geräumigen Aetherapparat und ließ sie 1½ Minuten in diesem verweilen. Nahm ich sie dann heraus, so lag sie leichenähnlich da, gab kein Schmerzenszeichen von sich, lieferte keine Reflexbewegungen der Füße oder der Flügel, athmete aber schwach und mit auffallender Schnelligkeit. Die Tiefe der Cloake hatte 41°,3 vor dem Versuche ergeben. Sie lieferte 41°,4 C. während der Betäubung. Das Thier erholte sich übrigens verhältnißmäßig

---

[1]) Bibra u. Harless, a. a. O. S. 136. 37.

[2]) Duméril und Demarquay, in den Archives générales de médécine. Paris 1847. 8. Février. p. 189 — 206. 333 — 40.

schnell an der Luft. Es schwankte nur noch längere Zeit bei dem Gehen. Es ist auch Duméril und Demarquay [1]) ein Mal vorgekommen, daß ihnen eine Henne sehr rasch in Chloroformdünsten starb, ohne daß die Eigenwärme abgenommen hatte. Diese Thatsachen beweisen, daß die Aether- und die Chloroformdünste auf einzelne Hauptmassen des centralen Nervensystems zunächst wirken, daß sie keineswegs von vorn herein ersticken. Die Eigenwärme sinkt erst dann, wenn die Blutumwandlung tiefer gestört worden.

Man kann kaum bezweifeln, daß die Spannkraft [2]) der Aether- oder Chloroformdämpfe das Absorptionsvermögen, welches das Blut und die Ernährungsflüssigkeit für diese Stoffe besitzen und die Einflüsse, welche sie auf die Umwandlung des Blutes ausüben, manche Erscheinungen und vorzüglich die Schnelligkeit der Wirkung und die Aehnlichkeit mit den Erstickungsverhältnissen erklären. Fassen wir aber die früher erwähnten Thatsachen zusammen, so können wir fast gewiß annehmen, daß die Hauptursache der Aetherwirkung in einer Störung der Molecularverhältnisse des Nervensystemes gesucht werden muß. Die verhältnißmäßig langsamere, aber immer noch mögliche Betäubung von Fröschen, deren Herz vorher ausgeschnitten worden, lehrt deutlich, daß die Aetherdämpfe nicht erst von dem kreisenden Blute aufgenommen zu werden brauchen, um ihre Einflüsse geltend zu machen. Da sich die so verstümmelten Geschöpfe an der Luft erholen (S. 526.), so folgt, daß die Abdunstung des Aethers die theilweise Rückkehr zu der früheren Beschaffenheit der Molecularverhältnisse selbst unter diesen Verhältnissen möglich macht.

Die einfache mikroskopische Untersuchung ist bis jetzt nicht im Stande gewesen, eine Formveränderung, die jener Störung der Molecularerscheinungen entspräche, nachzuweisen. Man kann zwar hin und wieder finden, daß die Primitivfasern von Nerven, die durch Aether gelähmt worden, ihren gleichartigen hellen und durchsichtigen Inhalt nicht mehr darbieten. Allein es kommt häufig vor, daß sich kein sicherer Formunterschied nachweisen läßt, wenn schon die Lebensthätigkeiten aufgehört haben. Es müssen daher diese von feineren Verhältnissen, als uns die Vergrößerungsgläser bis jetzt nachgewiesen haben, abhängen.

Bibra und Harleß [3]) glauben auf dem Wege der vergleichenden Analyse gefunden zu haben, daß der Fettgehalt des Gehirns der in Aether betäubten Thiere ab- und der der Leber zunimmt. Die Galle würde zugleich in reichlicherem Maaße abgesondert werden. Der Harn führt nach Gorup-Besanez weniger Harnstoff. Man kann dagegen in ihm keine überschüssigen Fettmassen nachweisen. Die Zukunft wird lehren müssen, ob unsere chemischen Hilfsmittel in der That hinreichen, eine Abnahme des Fettgehaltes der centralen Nervenmassen wahrhaft darzuthun. Die gesonderte Prüfung des Hirns eines gesunden und eines zweiten betäubten Thieres muß jedenfalls schwankende Ergebnisse darbieten. Es dürfte schon jetzt zweifelhaft erscheinen, ob die Störung der Molecularverhältnisse von dem Lösungsvermögen, das der Aether für Fette besitzt, ausschließlich abhängt. Bedenken wir, daß die Flimmerhärchen der ausgeschnittenen Schleimhäute oder die Samenfäden durch Aetherdampf ebenfalls betäubt werden (Seite 522), so können wir wohl jedenfalls eine Annahme der Art als eine bloße Hypothese betrachten.

Viele Forscher haben die Wirkung des flüssigen und des dunstförmigen Aethers ohne Weiteres zusammengestellt. Man kann sich aber überzeugen, daß die Verschiedenheit dieser beiderlei Molecularzustände manche Abweichungen in den Wirkungsweisen nach sich zieht. Gasförmige Blausäure wirkt weit stärker, als wässerige. Aether und Chloroform bieten das Gleiche dar. Das Gas dringt natürlich in concentrirterem Zustande in das Blut oder die Ernährungsflüssigkeit ein. Es kann sich auch im Durchschnitt auf eine größere Reihe von Punkten verbreiten. Bedienen wir uns einer Flüssigkeit, die sich mit den thierischen Geweben leicht verbindet und diese zur Gerinnung bringt, so bleibt auch ihre Wirkung in höherem Grade beschränkt. Sie kann aber als Dampf ihre Einflüsse weiter ausdehnen.

---

[1]) Duméril und Demarquay, a. a. O. p. 194.

[2]) Vergl. z. B. B. Ritter, in dem medicinischen Correspondenzblatte des würtembergischen ärztlichen Vereines. Bd. XVII. Stuttgart 1847. 4. S. 333 — 36.

[3]) Bibra und Harless, a. a. O. S. 162. 63.

Die mechanischen Bedingungen, welche die den Aetherdämpfen ausgesetzten Theile darbieten, üben jedenfalls einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Folgeerscheinungen aus. Pappenheim und Good [1]) fanden, daß die in dem Innern eines Nervenstammes befindlichen Nervenfasern später, als die peripherischen gelähmt werden. Es schreitet mithin die Wirkung von Außen nach Innen, wie es die Oertlichkeit ergiebt, fort. Wir werden in der allgemeinen Physiologie finden, daß es die Formverhältnisse mit vieler Wahrscheinlichkeit erklären, weshalb die Flimmerhaare, die Samenfäden, die rothen Muskelmassen und die Eingeweide der Wirkung der Aether- und der Chloroformdämpfe später, als die freien peripherischen Nerven unterliegen. Die Centraltheile des Nervensystems müssen den geringsten Widerstand leisten. Das Gehirn und das Rückenmark bieten in dieser Hinsicht weniger Zähigkeit als die Theile des verlängerten Markes, welche die Athembewegungen unterhalten, dar.

Der Salzäther wirkt zwar schneller, als der Schwefeläther. Die Betäubung, die er hervorruft, vergeht dafür auch in kürzerer Zeit [2]). Der Salpeteräther führt sehr leicht zum Tode, weil salpetrige Säure sogleich erzeugt wird. Harleß und Bibra [3]) geben an, daß die Dämpfe des Essigäthers keine Betäubung bedingen, Tourdes [4]) dagegen, daß sie die gleichen Erfolge, wie der Schwefeläther, nur langsamer, nach sich ziehen.

Hatte Flourens [5]) Essigäther, Kleesäureäther, Weingeist, verdünnte Schwefelsäure oder kaustischen Salmiakgeist in die Schenkelschlagader von Hunden in der Richtung zum Herzen zu eingespritzt, so wurden die Muskeln der Hinterbeine fast vollständig gelähmt. Die Empfindlichkeit des Hüftnerven blieb dagegen unversehrt erhalten. Wiederholte er den gleichen Versuch mit Terpenthinöl, so kehrten dieselben Erscheinungen im Wesentlichen wieder. Die gelähmten Muskeln verfielen aber in einen starrkrampfähnlichen Zustand. Die Einspritzung von Salpeteräther führte auf der Stelle zum Tode. Die Pulver der Tollkirsche, des Schierlings, des Baldrians, des spanischen Tabaks und des Süßholzes vernichteten zwar ebenfalls die willkührliche Verkürzung der Hinterbeine. Der Hüftnerv hatte aber hier seine Empfindlichkeit eingebüßt, seinen Bewegungseinfluß dagegen beibehalten.

Das Chloroform, das Flourens [6]) und Bell an Thieren zuerst versuchten und Simpson zu medicinischen und zwar vorzüglich zu geburtshilflichen Zwecken für den Menschen empfahl, betäubt im Allgemeinen rascher, als der Schwefeläther. Ein mit dieser Flüssigkeit durchtränktes Tuch, das man vor die Nase hält, führt hier am Einfachsten zum Ziele. Man kann jedoch in einzelnen Thieren auf Ausnahmen stoßen. Ein Frosch hatte z. B. 2½ Minuten im Aetherdampfe und 24 Stunden später 1¼ Minuten in den Chloroformdünsten zur Betäubung nöthig. Ein Kaninchen dagegen brauchte 6½ Minuten im Aether und 6¾ Minuten im Chloroform. Es hängt übrigens hierbei viel davon ab, welche Mengen von Flüssigkeiten zum Verdunsten dargeboten werden, ob der Raum, in dem sie verdampfen können, völlig geschlossen ist oder nicht und welchen Wärmegrad er besitzt.

Das Chloroform ist in mancher Hinsicht gefährlicher, als der Aether. Wir haben früher gesehen, daß sich ein Säugethier, sobald nur noch seine Athembewegungen fortdauern, in der Luft zu erholen pflegt. Dieses Merkmal trügt bisweilen bei dem Chloroform [7]). Es ereignet sich auch in dem Menschen, daß einzelne stürmische und unangenehme Zeichen auftreten, daß die Merkmale einer besonderen Aufregung zum Vorschein kommen, daß Frauen den Harn unwillkührlich entlassen, daß der Schlaf sehr lange dauert oder eine beunruhigende Stärke erreicht. Hat man mit dem Einathmen der Aetherdämpfe aufgehört, so pflegen sich die Wirkungen nicht mehr zu vergrößern.

---

[1]) Pappenheim und Good, in den Comptes rendus. Tome XXIV. Paris 1847. 4. pag. 497.
[2]) Flourens, in den Comptes rendus. Tome XXIV. Paris 1847. 4. p. 256. Bibra u. Harless, a. a. O. S. 166.
[3]) Bibra u. Harless, a. a. O. S. 171.
[4]) Tourdes, in der Gazette médicale de Strasbourg 1847. 4. Nro. 2. p. 62.
[5]) Flourens, a. a. O. Tome XXIV. p. 906 — 908.
[6]) Flourens, in den Comptes rendus. Tome XXIV. 1847. 4. p. 342.
[7]) Sédillot, in der Gazette médicale de Strasbourg. 1847. 4. Nro. 12. p. 406. 407.

Das Chloroform kann noch einen nachträglichen Einfluß ausüben. Man muß daher hier in jeder Hinsicht vorsichtiger verfahren.

Obgleich das Chloroform rascher betäubt, so dauert doch meist die Unempfindlichkeit länger, als nach der Einathmung der Aetherdämpfe. Die Wirkung greift auch tiefer durch, so daß z. B. Augenoperationen oder künstliche Geburten sicherer als nach dem Gebrauche der Aetherdämpfe vollführt werden. Man kann aber hier nachtheiligere Rückwirkungen, wie Husten oder Brustbeklemmungen in Ausnahmsfällen erhalten. Es kommt bisweilen vor, daß das Bewußtsein für kurze Zeit wiederkehrt und das Irrereden dann von Neuem beginnt [1]).

Athmet ein Mensch die Chloroformdünste ein, so empfindet er in der Regel die reizenden Wirkungen derselben. Es können sich die Lippen oder der größte Theil des Gesichtes röthen. Er spürt ein Brennen in der Nase oder im Munde. Die vermehrte Aussonderung der Mundflüssigkeiten führt leicht zu unwillkührlichen Schluckbewegungen und die Reizung der Schleimhaut der Athmungswege zu Hustenanstrengungen. Gerdy spürte zugleich einen deutlichen Zuckergeschmack an der Zungenwurzel, der Rachenenge, dem Gaumenvorhange und dem Schlundkopfe. Uebelkeiten und Neigung zum Erbrechen, eigene Wärmegefühle oder Schaudern, Sinnestäuschungen, unbewußte Harn- oder Stuhlentleerung können außerdem in einzelnen Fällen vorkommen. Der Mensch verfällt endlich in tiefen Schlaf und beginnt oft zu schnarchen. Seine freien Körpermuskeln erschlaffen. Die Unempfindlichkeit erreicht auch hier den höchsten Grad. Man kann daher indeß eine schmerzhafte chirurgische Operation vornehmen oder eine Frau künstlich entbinden, ohne daß sich hierbei Schmerzensregungen kund geben. Der Kranke erwacht später, wie aus einem tiefen Schlafe. Andere schreien auf, sehen das Glüheisen, das sie brennt, beschweren sich über die Qualen, denen man sie aussetzt, wissen aber nichts mehr davon, wenn sie später zum Bewußtsein kommen. Die angenehme Erinnerung und die Fröhlichkeit, welche nach dem Gebrauche des Aethers nicht selten auftreten, fallen hier in der Regel hinweg.

Ich ließ die Chloroformdämpfe auf das gleiche Kaninchen, dessen Verhalten zu den Aetherdünsten S. 519 beschrieben worden, 24 Stunden später einwirken. Das Thier hob sich nach einer halben Minute lebhaft in die Höhe, athmete rascher, legte das eine Ohr um, drehte sich in seinem Behälter und schloß die Augen zur Hälfte. Eine Flüssigkeit lief zur Nase hervor. Hatte das Kaninchen die Chloroformdünste $2\frac{1}{4}$ Minuten eingeathmet, so zog es den Kopf zurück, ließ die Ohren sinken und verfiel in Schlaftrunk. Klopfte man an den Behälter, so bewegten sich nur die Nasenflügel. Hatte es $6\frac{1}{4}$ Minuten in dem Apparate verweilt, so waren die Augenlider geschlossen. Es hatten die Athembewegungen der Nase und des Mundes aufgehört und das Thier erschien sonst völlig scheintodt.

Wurde es dann in der Luft an den Ohren gefaßt, so schrie es lebhaft und anhaltend auf. Das Sehloch war um diese Zeit in mäßigem Grade erweitert. Berührte ich die Bindehaut eine Minute später, so erhielt ich Bewegungen der Augenlider. Das Thier stellte sich hernach auf die Vorderbeine, während die Hinterfüße wie todt liegen blieben. Das rechte Ohr war zugleich nach vorn und das linke nach hinten gerichtet. Drückte ich den Schwanz oder die Hinterbeine kräftig zusammen, so hob sich der Kopf. Diese Bewegung wurde dann von dem Kaninchen ohne weitere Veranlassung häufig wiederholt. Zerrte ich die Barthaare, so zog sich der Kopf zurück und wackelte dann eine Zeit lang. Das Thier war endlich nach 9 Minuten in dem Grade wiederhergestellt, daß es im Zimmer von freien Stücken herumlief.

Setzte ich den S. 519 erwähnten Frosch 24 Stunden später den Chloroformdämpfen aus, so wurde er im Anfange unruhig. Er war dagegen schon nach $1\frac{1}{4}$ Minuten völlig scheintodt. Brachte ich ihn nach $1\frac{3}{4}$ Minuten an die Luft, so waren die Augenlider geschlossen, die Athemmuskeln gelähmt, das Herz dagegen immer noch thätig. Die ersten Athembewegungen der Bauchmuskeln fanden sich 6 Minuten später ein. Das Thier öffnete dann eine halbe Minute darauf die Augenspalte zur Hälfte. Hatte der Frosch 14 Minuten an der Luft gelegen, so traten Reflexbewegungen an dem linken Augenlide leichter als an dem rechten hervor. Sie fehlten dagegen noch an den übrigen Körpermuskeln. Wendete ich das Thier 5 Minuten später um, so wurden die Hinter-

[1]) A. Martin u. L. Binswanger, Das Chloroform. S. 107.

beine an den Leib gezogen. Streckte ich sie dagegen, so blieben sie in dieser Lage. Es mußten noch 8 Minuten vergehen, ehe sie sich unter diesen Verhältnissen von selbst beugten. Man konnte aber dann noch die Zehen oder die Rückenhaut zusammenpressen, ohne daß Reflexbewegungen der Glieder zum Vorschein kamen. Das Thier sprang bei jedem Versuche, es auf den Rücken zu legen, fort. Hatte es im Ganzen 40 Minuten an der Luft zugebracht, so war der größte Theil der früheren Lebhaftigkeit wiedergekehrt.

Manche Forscher glaubten bemerkt zu haben, daß das Schlagaderblut trotz der anhaltenden Einwirkung der Chloroformdämpfe hellroth bleibt. Genauere Untersuchungen ergaben jedoch, daß hier ähnliche Verhältnisse, wie bei dem Aether wiederkehren. Wird die Athmung durchgreifender gestört, so erscheint auch das Arterienblut dunkeler [1]). Martin und Binswanger [2]) geben an, daß sich die Menge der Chlorverbindungen der Blutmasse durch die Einathmung des Chloroform vergrößert. Es kann nach Sedillot [3]) vorkommen, daß das Herz eines auf diese Weise getödteten Hundes einen deutlichen Chlorgeruch verbreitet.

4494 **Einfluß des centralen Nervensystems auf die Ernährungsverhältnisse.** — Aeltere Forscher haben häufig die Behauptung aufgestellt, daß die Zerstörung des Rückenmarkes den Kreislauf in den Schwimmhäuten des Frosches aufhebt. Man kann sich leicht überzeugen, daß diese Angabe auf einem Irrthume beruht. Da der Herzschlag, wenn selbst das gesammte centrale Nervensystem entfernt worden, einige Zeit fortdauert, so erhält sich auch die Blutbewegung in den Gefäßen der Schwimmhaut, so lange das Herz mit der nöthigen Kraft wirken kann und die örtlichen Nebenbedingungen nicht störend eingreifen.

Mehrere Verhältnisse können hier das Urtheil bestechen. Wird die Schwimmhaut, deren Kreislauf untersucht werden soll, zu sehr angespannt, so steht bisweilen die Blutbewegung sogleich still. Setzt man die Beobachtung längere Zeit fort, so kann das Austrocknen der Schwimmhaut das gleiche Ergebniß herbeiführen. Hat man schädliche chemische Verbindungen, Eis oder sehr warme Körper zu Nebenversuchen angewandt, so wiederholt sich dasselbe um so häufiger.

Wird die Schwimmhaut vor der Zerstörung des Rückenmarkes unter dem Mikroskope ausgebreitet, so stockt oft das Blut in vielen Gefäßen, unmittelbar, nachdem man die Nervenverletzung eingeleitet hat. Die heftigen Krämpfe, die jenen Eingriff begleiten, liegen dieser Erscheinung vorzugsweise zum Grunde. Untersucht man den Kreislauf einige Zeit später, so findet man, daß er vollkommen regelmäßig vor sich geht. Machen sich in der Folge Ernährungsstörungen geltend, so wird die Blutbewegung in der Nachbarschaft der angegriffenen Punkte häufig aufgehoben. Vermeidet man dagegen die erwähnten Klippen, so überzeugt man sich, daß der vollständigste Capillarkreislauf der Schwimmhäute mit dem Herzschlage in jedem Falle Hand in Hand geht.

4495 Die Zeit, während welcher die Herzthätigkeit und die Blutbewegung fortdauern, wechselt mit der Art der Nervenverletzung und den Nebenbedingungen, welche das Alter und der Blutverlust, der Ernährungszustand des Thieres oder die Jahreszeit darbieten. Die Frösche gehen im Allgemeinen im Sommer eher, als im Winter oder im Herbste zu Grunde [4]). Stellt man denselben Versuch an mehreren Fröschen gleichzeitig an, so findet man, daß das Herz des einen länger, als das des anderen schlägt.

---

[1]) Amussat, in den Comptes rendus. Tome XXV. Paris 1847. 4. p. 805 u. 968. Jobert, Ebendaselbst. p. 807. Blanchet, Ebendaselbst. p. 969. Martin u. Binswanger, a. a. O. S. 109.

[2]) Martin u. Binswanger, a. a. O. S. 140. 41.

[3]) Sédillot, a. a. O. p. 407.

[4]) Brown-Séquard, in den Comptes rendus. Tome XXIV. Paris 1847. 4. p. 364.

Hat man z. B. nur das verlängerte Mark ausgerottet, so können diese Schwankungen zwischen 4 und 48 Stunden liegen. Brown Sequard erhielt sogar Frösche, die das Gehirn und das verlängerte Mark verloren hatten, mehrere Wochen lang in den Kältemonaten am Leben. Kein anderer Theil des centralen Nervensystems hebt im Durchschnitt die Herzbewegung in so kurzer Zeit auf. Sie kann unter den gewöhnlichen Verhältnissen nach Entfernung des Gehirns 14, nach der des Gehirns und des Rückenmarkes, nicht aber des verlängerten Markes 5 Tage und nach der des gesammten Rückenmarkes allein fast 3 Monate fortdauern[1]). Wurde das centrale Nervensystem gänzlich ausgerottet, so stößt man in den günstigsten Fällen auf ungefähr die gleiche Zeitdauer, wie nach der Zerstörung des verlängerten Markes.

Da der Kreislauf der Säugethiere[2]) und der Frösche die Unthätig- 4496
keit der Centraltheile des Nervensystems kürzere oder längere Zeit überlebt, so läßt sich von vorn herein erwarten, daß die Absonderungen und die Ernährungserscheinungen nicht auf der Stelle still stehen werden. Die Erfahrung bestättigt diese Annahme auf das Vollständigste. Frösche, welche auf jene Weise verstümmelt worden, können noch verdauen und Harn absondern. Man ist sogar im Stande, jenen Satz an frisch getödteten Säugethieren zu erhärten. Leitet man hier die künstliche Athmung ein, so gelingt es unter günstigen Verhältnissen, daß neue Harnmassen unter dem Einflusse des wiederangeregten Herzschlages in die Blase herabkommen.

So sicher die Möglichkeit der Absonderung nachgewiesen werden kann, 4497
so schwer läßt sich bestimmen, inwiefern die Menge und die Beschaffenheit derselben durch jene Eingriffe verändert werden. Hat man das verlängerte Mark von Fröschen zerstört, so ist die Athmung aufgehoben. Die Kraft des Herzens erlahmt nach und nach. Es kann daher die Blutmasse die Drüsen und die Körpertheile überhaupt, wie im gesunden Zustande nicht versorgen. Erinnern wir uns der Einflüsse, welche die Centraltheile des Nervensystems der Säugethiere auf die Bewegungen der Brust- und der Baucheingeweide ausüben, so müssen wir eine Störung der Absonderungsverhältnisse derselben wahrscheinlich finden.

Die Widersprüche, auf die wir schon in der Betrachtung der periphe- 4498
rischen Nerven in dieser Hinsicht gestoßen sind (§. 4379), kehren auch hier von Neuem wieder. Fassen wir aber dasjenige, was physiologische Versuche und am Menschen gemachte Krankheitsbeobachtungen gelehrt haben, zusammen, so können wir vermuthen, daß die Absonderungen häufig vermindert und in mancher Hinsicht chemisch verändert sein werden. Die gelähmten Körpertheile werden unvollkommener ernährt. Sie magern mit der Zeit ab. Die Muskelmassen schwinden. Fett kann in günstigen Fällen an ihre Stelle treten. Werden die unthätigen Körpergebilde schädlichen

[1]) G. Gluge, Anatomisch-mikroskopische Untersuchungen zur allgemeinen und speciellen Pathologie Heft II. 1841. 8. S. 53 — 56. Bidder, in Müller's Archiv. 1844. S. 365.

[2]) Vgl. z. B. Flourens, a. a. O. p. 216 fgg.

Wirkungen ausgesetzt, so unterliegen sie eher. Ein anhaltender Druck führt daher leicht Eiterung oder Brand, die fortwährende Umgebung mit Flüssigkeiten wasserfüchtige Ausschwitzungen herbei. Es unterliegt überdies kaum einem Zweifel, daß einzelne Stellen des centralen Nervensystems der Säugethiere auf die Verhältnisse bestimmter Organe vorzugsweise wirken.

Hatte Magendie[1]) das Rückenmark von Haussäugethieren in der Gegend der obersten Halswirbel durchschnitten, so kamen die gleichen Ernährungsstörungen des Auges, wie nach der Trennung des dreigetheilten Nerven (§. 4387.), zum Vorschein. Die Lungen eines Hundes, in dem er die Pyramide und den strickförmigen Körper an der einen Seite zu verletzen gesucht hatte und der erst am folgenden Tage gestorben war, erschienen mit Blut überfüllt. Sie sanken bei der Eröffnung der Brusthöhle von selbst nicht zusammen.

Oeffnet man die Leichen von Kaninchen, in denen der Balken, das Gewölbe, die Sehhügel und die ihnen benachbarten Theile einige Zeit vorher durchschnitten worden waren, so findet man häufig, daß sich eine auffallende Menge galligter Flüssigkeiten in dem Darme angesammelt hat. Die ärztliche Erfahrung machte auch schon längst auf einen gewissen Zusammenhang der Hirnverletzungen mit Störungen der Leberthätigkeiten aufmerksam. Es war aber bis jetzt nicht möglich, die Ursachen dieser Erscheinung oder selbst nur die Orte des centralen Nervensystems, von denen sie ausgeht, genauer anzugeben. Man weiß eben so wenig, ob sich dabei die Bauchspeicheldrüse [2]) in ähnlicher Weise betheiligt oder nicht.

Wir haben schon §. 4496 gesehen, daß die Fortdauer der Harnabsonderung nur die Anwesenheit des Kreislaufes, nicht aber die Thätigkeit irgend eines Theiles des centralen Nervensystems voraussetzt. Andere Versuche, die man an lebenden Thieren anstellt und Krankheitsbeobachtungen, die man am Menschen macht, erhärten das Gleiche. Säugethiere können die Abtragung des großen oder des kleinen Gehirns oder die Zerstörung des Rückenmarkes länger, als die völlige Unterdrückung der Harnabsonderung überleben. Menschen, in denen ein beträchtlicher Bezirk des Gehirns oder des Rückenmarkes unthätig geworden, liefern meistentheils Urin, so lange sie überhaupt am Leben bleiben. Hunde oder Meerschweinchen, in denen man das Rückenmark in der Gegend des ersten Halswirbels getrennt hat, können noch, wie gewöhnlich, Harn bereiten [3]).

Manche Aerzte glaubten bemerkt zu haben, daß der sonst saure Urin des Menschen, wenn die Unterhälfte des Rückenmarkes gelähmt ist, alkalisch erscheint. Zweierlei Umstände können hier zu Täuschungen führen. Enthält der Harn beträchtlichere Beimischungen von Eiter oder von eiterigem Schleime, so sind diese fremdartigen Bestandtheile im Stande, eine alkalische Reaction in den Vordergrund zu drängen. Wir haben überdies schon früher gesehen, daß die Aussonderung des Harnes in Kranken, die an Rückenmarkslähmung leiden, gestört ist. Er fault daher leichter in und an dem menschlichen Körper. Ein Theil des Harnstoffes geht hierbei in kohlensaueres Ammoniak über (Bd. I. S. 207.). Man kann daher hier auf einen scheinbar alkalischen und ammoniakreichen Urin stoßen. Reinigte Golding Bird [4]) die Harnblase einer paraplegischen Frau, die stinkenden alkalischen Harn entleerte, mit warmem Wasser, so floß dann saurer Urin ab. Die an Thieren angestellten Beobachtungen bestättigen diese Auffassungsweise. Hat man die untere Hälfte des Rückenmarkes von Hunden zermalmt, so findet man, daß sie einen saueren Urin in den ersten darauf folgenden Tagen liefern. Die Verhältnisse der übrigen Bestandtheile unterliegen so vielen Wechselfällen, daß sich für jetzt noch nicht entscheiden läßt, in wiefern die Krankheit des centralen Nervensystems die innere Zusammensetzung jener Absonderung ändert oder nicht. Es ließe sich theore-

---

[1]) Magendie, a. a. O. S. 199.
[2]) Vgl. z. B. H. A. A. Brandts, De medullae spinalis in secretiones et nutritionem actione. Berolini 1841. 8. p. 21.
[3]) Ségalas, in dem Bulletin de l'Académie de Médecine. Paris 1844. 8. p. 1108.
[4]) R. B. Todd, Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol III. London 1847. 8. pag. 721. s.

tisch erwarten, daß der Harnstoff und die schwefel- und die phosphorsaueren Verbindungen abnehmen, weil ein Theil der Muskelmasse des Körpers gleichzeitig gelähmt ist. Man hat aber bis jetzt höchstens die procentigen Werthe der Bestandtheile des Harns und nicht zugleich die absoluten Mengen berücksichtigt, so daß die vorliegenden Erfahrungen zur Entscheidung jener Frage nicht dienen können.

Der Same eines Menschen, der an Rückenmarkslähmung leidet, vermag seine befruchtende Kraft ungestört beizubehalten

Es ereignet sich häufig, daß Kinder, die an hitziger Hirnwassersucht, an Hirntuberkeln oder an ähnlichen Fehlern leiden, in Schweiß zerfließen, eine Erscheinung, die man mit Recht zu den bedenklichsten Zeichen zu rechnen pflegt. Man würde aber irren, wenn man eine Vermehrung der Schweißabsonderung als eine beständige Folge der Leiden des centralen Nervensystemes ansehen wollte. Es kommt vielmehr bisweilen bei Rückenmarkslähmungen vor, daß die unthätigen Glieder trockener bleiben, während die gesunden reichlich schwitzen.

Die an Fröschen angestellten Untersuchungen bestättigen ebenfalls, daß alle Absonderungen, die wir genauer verfolgen können, fortdauern, so lange der Herzschlag und mit ihm ein ausgedehnterer Kreislauf erhalten bleibt Frösche, denen man das Gehirn und das Rückenmark ausgerottet hat, können noch Speisen verdauen und beträchtliche Harnmengen liefern. Dieser häuft sich bisweilen so sehr in der Blase an, daß deshalb der Unterleib in auffallendem Maaße ausgedehnt wird [1]).

Die Veränderung, welche der Ernährungszustand erleidet, verräth sich in den Muskeln deutlicher, als in vielen anderen Gewebtheilen. Jene erschlaffen bisweilen nach und nach, werden mit der Zeit blasser und unterliegen endlich ähnlichen Veränderungen, wie sie im Anfange der Maceration einzutreten pflegen. Verliert zugleich ein Glied seine Fettmassen, so magert es im Ganzen ab. Es kann aber auch vorkommen, daß es einen stattlichen Umfang beibehält, weil größere Fettmengen zurückbleiben oder selbst neue ausgeschieden werden, oder weil sich eine reichlichere Quantität einer wässerigen Flüssigkeit in den Maschen des Zellgewebes abgesetzt hat. Die Haut der abgemagerten Glieder erscheint bisweilen trockener. Sie gleicht oft einem zu weiten Ueberzuge. Die Oberhaut schilfert sich nicht selten reichlicher los und die Nägel sollen ebenfalls rascher wachsen. Ein anhaltender Druck oder andere schädliche Einflüsse führen leicht zu brandiger Entartung, vorzüglich der Hautdecken und zur Verschwärung der unter ihnen liegenden Theile. Knochenbrüche erzeugen immer Ausschwitzungen, die bald verknorpeln und oft auch verknöchern. Es kann ein fester Callus in günstigen Fällen auftreten. Man hat aber auch nicht selten bemerkt, daß dieses Endziel später, als sonst oder gar nicht erreicht wurde.

Die Frösche führen hier wiederum zu sehr mannigfachen Ergebnissen. Frisch eingefangene grüne Grasfrösche oder Wetterfrösche, die in feuchtem Moose aufbewahrt werden, zeigen weniger durchgreifende oder angeblich selbst gar keine mit Sicherheit nachzuweisende Ernährungsstörungen [2]). Hält man dagegen die Thiere in Wasser, das selten gewechselt und daher mit faulenden organischen Theilen immer mehr verunreinigt wird, so können die Entartungen einen sehr hohen Grad erreichen.

Hatte ich die vorderen Nervenwurzeln eines Frosches durchschnitten und ließ ihn dann in einem mit Wasser gefüllten Glase liegen, so daß nur die obere Hälfte des Körpers hervorragte, so war der gelähmte Hinterfuß schon am dritten Tage wassersüchtig angeschwollen, das gesunde Hinterbein zeigte dagegen keine Spur dieser Entartung. Es kommt in solchen Versuchen häufig vor, daß sich die Oberhaut in größeren Lappen loslöst, eine Erscheinung, die jedoch auch an gesunden Fröschen unter ähnlichen Verhältnissen nicht selten auftritt. Hatte ich die hinteren Wurzeln durchgeschnitten, so schienen die Ernährungsstörungen im Allgemeinen später aufzutreten, nichts desto weniger aber in der Folge einen gleich hohen Grad zu erreichen. Die Hinterbeine von Fröschen, denen drei Wochen vorher die mittlere Gegend des Rückenmarkes quer durchschnitten worden, litten an sehr auffallender Wassersucht. Ihre Oberhaut ging in großen Lappen davon. Die Weichgebilde erschienen schlaffer und durchweichter. War die hintere Hälfte des Rückenmarks durch einen Längenschnitt, der Mittellinie nach getheilt worden, so machten die Thiere noch nach zwei Monaten einzelne unpassendere Sprungbewegungen. Sie konnten

[1]) Bidder, a. a. O. S. 373.
[2]) Bidder, a. a. O. S. 366 fgg. Axmann, a. a. O. p. 15. 16.

aber ihre Muskeln willkührlich beherrschen und die ihre Haut treffenden Eindrücke auffassen. Die Hinterbeine waren sichtlich abgemagert. Es fehlte jedoch jeder übermäßige Wassererguß zwischen der Haut und den Muskelmassen.

Hat man die hintere Hälfte des Rückenmarkes zermalmt, so können die wassersüchtigen Anschwellungen, die Abmagerung, die lappige Abschuppung der Oberhaut und die Zerstörung einzelner Hinterzehen wiederkehren. Ein Beispiel vermag aber auch zu beweisen, daß ein in unreinem Wasser aufbewahrter Frosch noch durchgreifendere Ergebnisse in diesem Falle zu liefern im Stande ist. Die Hinterbeine eines Thieres der Art waren nach acht Wochen so sehr verfault, daß sich die Muskeln, die Sehnen und die Bänder der Füße von selbst loslösten und die Knochen bloßlagen. Die Auflösung schritt dann nach den Unterschenkeln hin fort. Es blieben endlich nur das Schienbein und einzelne Lappen der Weichgebilde übrig. Das Thier war dessenungeachtet noch 11 Wochen nach der Operation verhältnißmäßig munter. Es bewegte die vordere Hälfte seines Körpers mit vieler Lebhaftigkeit. Die Rückenwunde hatte sich mittlerer Weile vernarbt. Ein Wall war an der Grenze des entblößten Knochens entstanden. Schnitt ich nun das linke Schienbein aus dem Kniegelenke heraus, so floß kein Blut hervor. Der Amputationsstumpf hatte sich innerhalb der folgenden Woche geschlossen. Die beiden verfaulten hinteren Extremitäten boten jedoch keine Wassersuchtanschwellung dar, weil die Unterhauträume nach Außen offen standen. Der Frosch starb endlich 14 Tage nach der Entfernung des Schienbeines. Die Muskeln der Hinterbeine erschienen blaß und wie macerirt. Die Längsfäden traten in ihren Fasern schärfer, als die Querstreifen, die häufig gar nicht mehr nachzuweisen waren, hervor [1]).

Hatte Stilling [2]) die hintere Hälfte des Rückenmarkes ausgerottet, so bemerkte er nicht bloß die lappige Hautabschuppung und die Zerstörung einzelner Zehen, sondern auch Confervenbildungen (Bd. I. §. 388.), die an den Zehen und der Schwimmhaut begannen und sich dann häufig auf den übrigen Körper verbreiteten. Waren sie bis zur Gegend des Mundes vorgeschritten, so gingen die Thiere binnen Kurzem unfehlbar zu Grunde.

Da die tiefer greifenden Ernährungsstörungen nur dann, wenn die Aufbewahrungsweise der Frösche diese Art von Erfolgen begünstigt, zum Vorschein kommen, so können wir mit Recht schließen, daß sie keine unmittelbare Folge des aufgehobenen Nerveneinflusses darstellen. Die Weichgebilde verlieren nur die Fähigkeit, denselben Grad von Widerstand, den die gesunden Theile äußeren Schädlichkeiten leisten, entgegenzusetzen. Sie erhalten sich daher in unversehrtem Zustande, so wie jene Nebenbedingungen mangeln. Sie können dann höchstens, wie alle unwirksamen Organe, im Laufe der Zeit abmagern.

4499 **Einzelthätigkeiten des Rückenmarkes.** — Wir haben schon §. 4419 bemerkt, daß sich noch keine Kreuzungseinflüsse in dem Bereiche des Rückenmarkes geltend machen. Es wird dagegen ein um so größerer Bezirk dem Willensbefehle entzogen, je höher hinauf man diesen Theil des centralen Nervensystems der Quere nach vollständig durchschneidet. Läßt man die innere graue Masse größtentheils zurück, während man die weiße so sehr als es angeht, trennt, so wird hierdurch die Ausführung der Willensbefehle nicht unmöglich gemacht. Reizt man einen Querschnitt des Rückenmarkes mechanisch, so können sich nicht bloß diejenigen Muskeln, deren Nervenwurzeln in der Nähe der Verletzungsstelle eintreten, sondern auch die, deren Nervenfasern viel weiter nach hinten von dem Rückenmarke aufgenommen werden, verkürzen.

4500 Da die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven in die hintere, die vorderen dagegen in die vordere Seite des Rückenmarkes eindringen, so

---

[1]) De functionibus nervorum. p. 155.

[2]) Stilling, in Müller's Archiv. 1841. S. 282. 83.

darf man mit Recht erwarten, daß die Nachbarbezirke jener Einpflanzungsstellen hinten vorzugsweise Empfindungen und vorn Bewegungen anregen werden. Legt man das Hals- oder das Lendenmark eines Säugethieres bloß, so kann man sich auch in der That bald überzeugen, daß jeder Reiz, der die hintere Oberfläche trifft, heftige Schmerzen, jeder dagegen, der die vordere angreift, Bewegungen nach sich zieht.

Die Anatomie sondert das Rückenmark in zwei hintere, zwei seitliche 4501
und zwei vordere Stränge. Diese Unterschiede fußen nur auf den äußeren Formverhältnissen. Die einzelnen Bezirke gehen in einander im Innern unmittelbar über. Jede Scheidung beruht hier auf einem künstlichen und willkührlichen Verfahren. Es ist daher streng genommen nicht gerechtfertigt, von den Thätigkeiten der einzelnen Rückenmarksstränge zu sprechen. Dieser Ausdruck kann höchstens verschiedene Hauptmassen, die bloß äußerlich abgegrenzt sind, angeben wollen.

Zweierlei Ansichten haben sich in dieser Beziehung geltend gemacht. 4502
Manche Forscher, wie Bell, Magendie, Fodera, Rolando, Backer, Calmeil, Kürschner, van Deen, Stilling, Dupré, Longet und Eigenbrodt schlossen aus ihren Beobachtungen, daß die Rückenmarksstränge die Thätigkeiten der in sie eintretenden Nervenwurzeln unverkümmert bewahren. Die hinteren werden daher nur Empfindungen und keine Bewegungen, die vorderen aber Muskelverkürzungen und keine Schmerzenseindrücke vermitteln. Bellingeri, Schoeps, Seubert, Magendie (nach späteren Versuchen), ich, Budge und Volkmann dagegen gelangten zu der Ansicht, daß sich ein gewisser Grad von Mischung geltend macht. Obgleich zwar die hintere Hälfte vorherrschend empfindlich ist und die vordere die Bewegungen vor Allem beherrscht, so enthält doch schon jene einzelne motorische und diese eine gewisse Menge sensibler Elemente.

Ein Theil dieser Widersprüche ist aus der Unbestimmtheit der hierbei gebrauchten Ausdrücke hervorgegangen. Manche verstanden nämlich unter dem Namen der hinteren Rückenmarksstränge die ganze hintere Hälfte des Rückenmarkes, die also noch die hintere Abtheilung der Seitenstränge umfaßt. Sie konnten daher von einer gemischten Thätigkeit, wie selbst die Versuche von Longet, Stilling und Eigenbrodt lehren, mit Recht sprechen. Denn es unterliegt keinem Zweifel, daß noch der ganze Umfang der Seitenstränge Bewegungen hervorzurufen vermag. Diejenigen Forscher, welche gegenwärtig die rein empfindliche Natur der hinteren und die rein bewegende der vorderen vertheidigen, schließen hierbei die Seitenstränge gänzlich aus.

Frisch getödtete Säugethiere können über die Bewegungskräfte der einzelnen Gegenden des Rückenmarkes Aufschluß geben. Es versteht sich übrigens von selbst, daß man sich weder hier noch an lebenden Geschöpfen durch die Reflexbewegungen täuschen lassen darf.

Hat man einen Querschnitt durch das Rückenmark eines unmittelbar vorher getödteten Kaninchens geführt, so kann man sich in glücklichen Fällen bald überzeugen, daß die Anregung des rechten Vorderstranges Bewegungen in den Muskeln der rechten und die des linken Verkürzungen in denen der linken Körperhälfte hervorruft. Die hinteren

Stränge liefern keine ähnliche Erscheinungen, sobald die Reflexthätigkeiten aufgehört haben [1]). Es bleibt Alles ruhig oder es entstehen höchstens sehr schwache Bewegungen, so wie man tiefer vordringt. Griff ich aber in solchen Versuchen die Seitentheile des Brust-Lendenstückes des Rückenmarkes selbst über der Fläche, die dem Centralkanal entspricht, in Kaninchen mit der Nadel an, so erhielt ich noch lebhafte Bewegungen in den Hinterbeinen. Diese Thatsache konnte schon andeuten, daß die Verkürzungseinflüsse den vorderen Strängen nicht ausschließlich zukommen. Longet [2]), der sich des galvanischen Stromes bediente, machte die gleiche Erfahrung an größeren lebenden Hunden. Die Seitenstränge lieferten nur schwächere Muskelverkürzungen, als die vorderen.

Die Forscher, welche sich mit der Prüfung der Empfindlichkeitsbezirke des Säugethierrückenmarkes in neuerer Zeit beschäftigt haben, erhielten im Ganzen ungleiche Ergebnisse. Budge [3]) bemerkte in Katzen und Hunden, daß alle Schichten des Rückenmarkes, vordere, hintere und seitliche, empfindlich sind. Reize, welche die Vorderfläche trafen, erregten nur weniger Schmerzen, als die, welche die Hinterfläche berührten. Das Innere der Vorderstränge schien empfindlicher, als die Außenseite derselben zu sein. Stilling [4]), dessen Versuche vorzugsweise an jungen Katzen angestellt wurden, fand die Hinterstränge, den grauen Rolando'schen Streifen, der dicht nach außen von ihnen liegt, und die hintere graue Masse empfindlich, die Seitenstränge, die vorderen grauen und weißen Massen dagegen unempfindlich. Longet [5]) und Eigenbrodt [6]) erhielten ähnliche Ergebnisse an größeren Hunden.

Van Deen [7]) und Stilling [8]) haben eine beträchtliche Reihe von Versuchen, die mit vielem Scharfsinn ausgedacht und mit bedeutender Geschicklichkeit und Beharrlichkeit durchgeführt wurden, zu demselben Zwecke angestellt. Jene Forscher schließen aus ihren Beobachtungen, daß die hinteren Rückenmarksstränge der Frösche die Empfindungen und die vorderen die Bewegungen ausschließlich vermitteln. Sollen sich diese Eigenschaften verrathen, so müssen nach ihnen die entsprechenden grauen Massen mitwirken. Die weißen allein können jene Thätigkeiten nicht bedingen.

So dunkel auch noch der innere Bau des Rückenmarkes erscheint, so liefern doch schon unsere gegenwärtigen Kenntnisse manche Haltpunkte, um die Beweiskraft einzelner bei diesen Bemühungen angestellten Versuche zu schwächen. Wir wissen, daß die Nervenfasern der hinteren Wurzeln zunächst in die Hinterstränge eindringen. Da nun die vorderen Wurzeln keine Empfindungsfasern enthalten, so können diese nur von den hinteren Strängen aus nach den vorderen vordringen. Etwas Aehnliches gilt von den bewegenden Fasern, wenn sie die Hinterstränge erreichen sollen. Trennt man nun die hinteren von den vorderen Strängen, so müßte man hiernach die Fasern oder die Nervengewebe überhaupt, welche die Mischung möglich machen, an irgend einem Punkte durchschneiden. Man kann sich hieraus erklären, weshalb dann die hinteren Stränge rein sensibel und die vorderen rein motorisch erscheinen.

Wir wissen ferner, daß viele Nervenfasern nach ihrem Eintritte in das Rückenmark gegen die entsprechenden grauen Massen hinstreichen. Schneidet man nun z. B. die hintere weiße Substanz von der hinteren grauen größtentheils los, so wird der Schnitt eine entsprechende Menge von Empfindungsfasern unmittelbar verletzen. Es werden daher die zu ihnen gehörenden peripherischen Empfindungsbezirke gelähmt sein. Es wäre dagegen

---

[1]) Marshall Hall, Abhandlungen über das Nervensystem. Uebersetzt v. Kürschner. Marburg 1840. 8. S. 192. Müller's Archiv. 1840. S. 115 fgg.

[2]) F. A. Longet, Anatomie et Physiologie du système nerveux. Tome I. Paris 1842. 8. pag. 273.

[3]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft I. Frankfurt a. M. 1841. 8. S. 10. 11.

[4]) Stilling, in Roser und Wunderlich's medicinischer Vierteljahrsschrift. Bd. I. Stuttgart 1842. 8 S. 106 — 112.

[5]) Longet, a. a. O. p. 273. 74.

[6]) C. Eigenbrodt, Ueber die Leitungsgesetze im Rückenmarke. Giessen 1848. 8. Seite 32.

[7]) J. van Deen, Traité et Dècouvertes sur la physiologie de la moelle épinière. Leyde 1841. 8. p. 11 fgg. Vgl. Repertorium. Bd. VI. S. 311.

[8]) B. Stilling, Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarkes und der Nerven. Leipzig 1842. 8.

möglich, daß die entfernteren Theile ihre volle Wirksamkeit vermöge der Durchleitung der weißen Stränge bewahrten [1]). Die gleiche Anschauungsweise ließe sich auch auf die bewegenden Fasern übertragen.

Die Thatsachen, die wir schon früher bei Gelegenheit der Reflexer- 4503
scheinungen kennen gelernt haben, erhärten mit Bestimmtheit, daß die zweckmäßige Thätigkeitsverbindung einzelner Muskelgruppen, wie die Beugung und die Streckung der Gliedergelenke, von dem Rückenmarke und nicht von den peripherischen Nerven ausgeht. Man hat sich bis jetzt vergeblich bemüht, die einzelnen Bezirke, welche diese höheren Befehle ertheilen, genauer kennen zu lernen. Die grauen Massen, denen die Nervenfasern nach ihrem Eintritte in das Rückenmark begegnen, spielen hierbei wahrscheinlich eine Hauptrolle. Die Stimmungen des Nervensystems entscheiden überdies, welche Art von Wirkung zu Stande kommt. Hat man z. B. einen Frosch enthauptet und reizt das Rückenmark in der Gegend des zweiten Wirbels, so pflegen die Hinterbeine nach vorn, gegen die Schnittfläche gewendet und mithin wenigstens in den Hüftgelenken gebeugt zu werden. Wiederholt man dagegen den Versuch an einem mit Strychnin oder mit Opium vergifteten Thiere, so erhält man Streckungen der Hinterbeine, so wie sich das Präparat in dem hierzu günstigen Empfänglichkeitszustande befindet.

Bellingeri hatte früher die Vermuthung aufgestellt, daß die vorderen Stränge des Rückenmarkes die Beugung und die hinteren die Streckung der Glieder leiteten, ein Satz, dem ich nach früheren Beobachtungen beitreten zu können glaubte. Budge dagegen schrieb umgekehrt die Beugung der hinteren und die Streckung der vorderen Hälfte des Rückenmarkes zu. Alle diese Anschauungsweisen beruhen jedoch mehr auf hypothetischen Vorstellungen, die noch keinen sichern Halt in physiologischen Versuchen gefunden haben und höchstens durch einzelne zweideutige Krankengeschichten gestützt werden können [2]).

Was die Frösche betrifft, so hat Engelhardt [3]) mit Recht aufmerksam gemacht, daß hier häufig die Anregung der Kopf- oder der Schwanzbeinhälfte des Rückenmarkes zu abweichenden Ergebnissen führt. Diese Thatsache hat sich mir ebenfalls bestättigt. Harleß [4]) suchte sie genauer zu verfolgen. Hat man nämlich einen Frosch in der Gegend des ersten Wirbels enthauptet und schneidet dann das Rückenmark von Wirbel zu Wirbel der Quere nach vollständig durch, so werden im Anfange die Hinterbeine gegen die Verletzungsstelle hinübergebogen, als wollten sie den reizenden Körper fortstoßen. Diese Erscheinung wiederholt sich im Ganzen, bis man zur Gegend des vierten bis fünften Wirbels gekommen ist. Die Stärke der Bewegungen sinkt aber, je weiter man nach hinten fortschreitet. Sie pflegt in der Gegend des fünften Wirbels so weit abgenommen zu haben, daß hier nur sehr schwache und unbestimmtere Muskelverkürzungen zu Stande kommen. Geht man von nun an weiter nach hinten, so werden die Hinterbeine gestreckt. Diese Bewegungsweise hält zugleich länger, als die frühere Beugung an. Sie nimmt ebenfalls um so mehr, je weiter man nach hinten vordringt, ab. Die Versuche gelingen nicht selten, man mag die Wirbelsäule von vorn oder von hinten her angreifen. Hat man vorher das ganze Rückenmark bloßgelegt, so ereignet es sich häufig, daß der Einfluß der vorderen Hälfte oder die Empfänglichkeit des gesammten Rückenmarkes binnen Kurzem schwindet und der Versuch selbst unreiner ausfällt oder vollständig versagt.

Man bemerkt bisweilen, daß die Frösche ihre Hinterbeine im Augenblicke der Ent-

---

[1]) Vgl. Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig 1845. 8. S. 552.

[2]) De functionibus nervorum. p. 134 fgg. Budge, a. a. O. Heft I. S. 37 fgg.

[3]) Engelhardt, in Müller's Archiv. 1841. S. 206 — 209.

[4]) Harless, Ebendaselbst. 1846. S. 74 — 95.

hauptung lebhaft strecken und nicht, wie gewöhnlich, nach vorn biegen oder daß sich ihre Glieder ruhiger halten. Reizt man das Rückenmark in der Gegend des zweiten oder dritten Wirbels mit den Drähten des Magnetelektromotors, so erhält man lebhafte Streckkrämpfe. Diese wiederholen sich auch, wie wir sahen, in Thieren, die mit Opium oder mit Strychnin vergiftet worden sind. Wir müssen hieraus schließen, daß die Bewegungsart der Hinterbeine nicht bloß von den einzelnen Bezirken des Rückenmarkes, sondern auch von dem Stimmungszustande desselben und der Art des Reizes, dem es ausgesetzt wird, abhängt.

Die Vorderbeine führen zu ähnlichen Erscheinungen, wie die Hinterfüße. Schneidet man nämlich das Rückenmark Wirbel für Wirbel der Quere nach durch, indem man von dem vierten bis fünften Wirbel nach vorn geht, so pflegen sich die Vorderbeine zuerst zu strecken und dann zu beugen, bis endlich alle Erfolge an dem ersten Wirbel ausbleiben.

4504 **Verlängertes Mark.** — Wir werden später (§. 4511.) sehen, daß Säugethiere, denen das große und das kleine Gehirn genommen worden, nicht sogleich zu Grunde gehen. Sie können sogar längere Zeit unter passenden Vorsichtsmaaßregeln fortleben. Trennt man den oberen Halstheil des Rückenmarkes der Quere nach, so folgt der Tod nicht auf der Stelle nach. Es ereignete sich sogar, daß eine Verletzung das Halsmark eines Menschen abriß. Der Kranke war zwar an dem Rumpfe und den Gliedern gelähmt, der Bezirk seiner Athemmuskeln hatte wesentlich abgenommen, Harn und Stuhl gingen unwillkührlich oder von selbst gar nicht ab, das Glied steifte sich, so wie es berührt oder sonst gereizt wurde. Allein alle diese Beschwerden reichten nicht hin, um das klägliche Dasein binnen Kurzem zu vernichten. Der Mensch starb erst einige Wochen oder selbst mehrere Monate nach dem Unglücksfalle.

4505 Die Zerstörung des verlängerten Markes greift tiefer durch. Kein Säugethier überlebt sie eine irgend beträchtliche Zeitdauer. Die Krämpfe, die sie unmittelbar nach sich zieht, beschließen auch das Leben, obgleich der Herzschlag nicht auf der Stelle zu Grunde geht. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß die Athmung und mit ihr die Umwandlung des Blutes und deren fernere Folgen stille stehen.

Man hat vielfach gestritten, ob der von dem Rumpfe getrennte Kopf Bewußtsein besitzt oder nicht. Lassen wir die Täuschungen, nach denen das Gesicht in Folge einer Ohrfeige erröthete, sich nach einem Schalle umwandte oder andere Zeichen von Sinnesempfindungen von sich gab, bei Seite, so wissen wir nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse, daß das Rollen der Augen, die Verzerrungen des Antlitzes, die Bebungen der Lippen, das Zusammenklappen der Kiefer keine nothwendigen Merkmale von Bewußtsein darstellen. Diese Veränderungen können durch den Reiz, den der Schnitt auf das centrale Nervensystem ausübt, den später die Luft in der Wundfläche desselben erzeugt, bedingt sein. Andere Gründe sprechen dagegen eher gegen die Zweckmäßigkeit der Enthauptung [1]).

Der Streich geht in der Regel zwischen dem vierten und dem sechsten Halswirbel, selten höher hindurch. Es wird ein sehr empfindlicher Theil des centralen Nervensystems jedenfalls getroffen. Der Mensch muß einen furchtbaren Schmerz, der sich wahrscheinlich über den größten Theil des Körpers zu verbreiten scheint, in dem Augenblicke der Verwundung erleiden. Mag die Empfindung nur eine Secunde dauern und die Betäubung, welche dem heftigen Schlage auf der Stelle nachfolgt, die Leidenszeit abkürzen, so können wir doch kaum bezweifeln, daß ein solcher Eindruck, wenn auch für eine sehr kurze Dauer, vorhanden ist.

[1]) Vergl. S. Th. v. Sömmerring, Vom Baue des menschlichen Körpers. Bd. I. Abth. II. Leipzig 1844. 8. S. 277.

Ein Mensch, dessen Halsmark in der Mitte durchrissen worden, kann noch Wochen lang fortleben. Der Enthauptete stirbt also nicht an der Verletzung des Rückenmarkes, die ihm beigebracht worden. Sein Rumpf geht zu Grunde, weil er von dem verlängerten Marke abgeschnitten ist, weil die Athmung unterbrochen und der regelmäßige Kreislauf hierdurch und durch den beträchtlichen Blutverlust gestört worden, der Kopf, weil ihm kein neues hochrothes Blut zufließt. Will man daher annehmen, daß das Bewußtsein auf der Stelle verloren geht, so kann man nur auf die Betäubung, die der Schlag unmittelbar nach sich zieht, rechnen. Die Hirnlähmung dagegen, welche der Mangel des hochrothen Blutes bedingt, tritt wahrscheinlich erst nach einiger Zeit und seien es auch nur einige Secunden, später hervor. Dasselbe gilt vermuthlich von den Folgen des geringeren Druckes, den das Blut ausüben kann.

Der guillotinirte Kopf fällt sogleich nach dem Streiche von einer gewissen Höhe herunter. Es wäre möglich, daß diese Erschütterung noch empfunden wird, wenn das Bewußtsein nicht gänzlich erloschen oder wenn es nur für schwächere Eindrücke untergegangen ist. Dasselbe gilt für die freie Enthauptung, bei der man den losgelösten Kopf fortrollen läßt. Wird er dagegen an den Haaren gehalten, so erspart man jenen Nachschlag.

Das Gehirn verliert im Allgemeinen weniger Blut, als die andern Körpertheile (S. 504.). Denken wir uns den Menschen in sitzender Stellung, so dringen zwei Blutsäulen, deren Höhe von dem augenblicklichen Zustande des Herzens und der Gefäße und dem Widerstande der Luft abhängt, aus dem Rumpfabschnitte der Halsschlagadern springbrunnenartig und stoßweise hervor. Ihre Höhe nimmt rasch ab. Erhält sich aber ein Ueberrest von Herzbewegung, so können noch kleinere Blutströme längere Zeit hervorrieseln. Die Blutgefäße des Kopfes werden von dem Drucke, den die Zusammenziehung der linken Kammer ausübte, entlastet. Der Druck der Atmosphäre kann ungehinderter auf die freien Weichgebilde wirken. Es muß demgemäß eine gewisse Menge Blutes hervortreten und das Gesicht erblassen. Die Muskelkrämpfe, die gleichzeitig durchgreifen, können vielleicht die Entleerung begünstigen. Die absterbenden Weichtheile erschlaffen nach und nach. Es hängen daher bald darauf die Lippen und bisweilen auch die Wangen welk herab. Da der Schädel eine unnachgiebige Kapsel bildet, so können sich die Blutgefäße des in ihm eingeschlossenen Gehirns nicht entleeren (S. 505.). Wird das Blut des von der Herzthätigkeit herrührenden Druckes entlastet, so müssen die übrigen in dem Schädel enthaltenen Gebilde dieses Mißverhältniß in dem ersten Augenblicke auszugleichen suchen, sei es, daß sie sich selbst in entsprechendem Maaße ausdehnen, oder daß sie andere Stoffe nachsaugen. Ist dieses geschehen, so wird sich im Allgemeinen der vorläufige Zustand, bis der Schädel an einer Stelle geöffnet worden, behaupten. Diese Betrachtungen erklären es, weshalb der enthauptete Kopf verhältnißmäßig wenig zu bluten pflegt und eine wachsgelbe, todtenbleiche Farbe binnen Kurzem annimmt. Man sieht aber zugleich, daß man weit mehr auf die Abnahme der gewöhnlichen Spannung des Schlagaderblutes, den hierdurch bedingten Druckwechsel, den Mangel der Zufuhr neuen hellrothen Blutes und die erschütternde Wirkung des Streiches, als auf den Blutaustritt aus dem Gehirn rechnen darf, wenn man sich ein Urtheil über den Untergang des Bewußtseins in dem getrennten Kopfe verschaffen will.

Der Erhenkungstod führt zu anderen Verhältnissen. Nehmen wir an, der Strick mache es nur unmöglich, daß das Gehirn frisches hellrothes Blut empfängt, so wird der Mensch in einen schlafähnlichen Zustand, der allmählig in Tod übergeht, verfallen. Personen, die wieder zum Leben gebracht wurden, versicherten, daß sie keinen irgend unangenehmen Eindruck während des Eintrittes der Betäubung wahrgenommen hatten. Es gab sogar Wollüstlinge, die sich den Hals zuschnürten und sich so dem Anfange des Erhenkungstodes freiwillig unterwarfen, um ihnen angenehme geschlechtliche Aufregungen herbeizuführen. Ein zweiter Fall, der bei Erhenkten vorkommt, kann eher zu Bedenken Veranlassung geben. Man findet bisweilen, daß sich die Halswirbel ausrenken oder daß überhaupt Störungen, welche das Rückenmark verletzen müssen, auftreten. Sollten diese, ehe das Bewußtsein geschwunden ist, zu Stande kommen, so würden hier ebenfalls heftige Schmerzen im letzten Lebensaugenblicke bereitet werden.

Man muß sich überhaupt wundern, weshalb keines der gebildeten Völker, welche die Todesstrafe beibehalten haben, die mechanischen Tödtungsweisen bei Seite gelassen und die chemischen vorgezogen hat. Läßt sich schon die Vergiftung, wie sie in ein-

zelnen Staaten des Alterthums in Gebrauch war, aus Rücksicht des Schicklichkeitsgefühls vertheidigen, so dürfte sie in unseren Tagen um so mehr zu berücksichtigen sein, als wir in der Blausäure ein Mittel haben, das seinen Zweck eben so schnell, als sicher zu erreichen im Stande ist.

4506 Eine Reihe der verschiedensten Nerven beherrscht die Muskeln, die sich an den Athembewegungen betheiligen können. Der Antlitznerv bestimmt die Verkürzungen des Gesichts, der herumschweifende und der Beinerv die Thätigkeiten der Kehlkopfmuskeln, der Zwerchfellnerv die Zusammenziehungen des Zwerchfelles und der größte Theil der Rückenmarksnerven die Bewegungen der zahlreichen Rumpfmuskeln, die bei den verschiedenen Athmungsarten in Betracht kommen. Der Antlitznerve tritt vor dem verlängerten Marke, die Masse der Rückenmarksnerven hinter ihm in das centrale Nervensystem ein. Man kann dessenungeachtet durch vergleichende Versuche darthun, daß das verlängerte Mark allein die Athembewegungen ursprünglich bestimmt, daß Verletzungen, die außerhalb seines Bereiches liegen, einen entsprechenden Theil von Muskeln dem Athmungsspiele entfremden, den Einfluß des ursprünglichen Erregers beschränken, ihn nicht aber gänzlich aufheben.

4507 Hat man den mittleren oder den hinteren Theil des Rückenmarkes in dem Kaninchen durchschnitten, so werden die entsprechenden Bauch- und Brustmuskeln gelähmt. Die übrigen Verkürzungsgebilde betheiligen sich aber noch bei dem Athmen. Dringt man bis zur Gegend des ersten Brustwirbels vor, so ruhen die Rippen, während das Zwerchfell fortspielt. Steht auch dieses nach der Trennung des Halsmarkes still, so können noch die Stimmbänder, die Kiefer und die Nasenlöcher in Thätigkeit bleiben. Schneidet man endlich die Wurzeln des herumschweifenden und des Beinerven durch, so sind die Athembewegungen der Gesichtsmuskeln und der Kiefer immer noch nicht aufgehoben [1]).

4508 Die Lähmung der beiden Antlitznerven beseitigt das Spiel der Nasenlöcher. Menschen und Thiere athmen aber dessenungeachtet so vollkommen fort, daß sich ihr Leben die längste Zeit erhalten kann. Die Trennung der beiden Zwerchfellnerven zieht den Tod aus demselben Grunde binnen Kurzem nicht nach sich (§. 4257.). Hat man die beiden Halsstämme der herumschweifenden Nerven in neugeborenen Säugethieren durchschnitten, so ersticken diese zwar in wenigen Minuten. Die Athmungsanstrengungen erhalten sich aber noch im Todeskampfe. Die Antlitz-, die Brust- und die Bauchmuskeln verstärken sogar ihre Thätigkeit unter den krankhaften Bedingungen, die der Verschluß der Stimmritze herbeiführt. Aeltere Geschöpfe, deren Stimmritze nicht vollständig geschlossen wird, fristen noch ihr Leben für mehrere Tage.

4509 Es giebt kein peripherisches Gebilde, nach dessen Ausrottung die Athembewegungen auf der Stelle still stehen. Hat man das Herz und die Lungen in jungen Kaninchen oder Katzen entfernt, so machen der Kopf und der Rumpf die heftigsten Athmungsanstrengungen während der noch

[1]) Flourens, Recherches expérimentales etc. Seconde Edition. p. 172. 177.

übrigen kurzen Lebenszeit. Enthauptet man einen Menschen oder ein Thier, so daß das verlängerte Mark in dem losgetrennten Kopfstücke enthalten ist, so schnappen die Kiefer. Der Rumpf dagegen verhält sich äußerlich ruhig. Nur das bloßgelegte Zwerchfell bietet häufig noch Wechselbewegungen dar.

Diese Thatsachen lehren, daß die Athmung nicht ursprünglich von den 4510
Lungen auf dem Wege der Reflexes bedingt wird, daß ihre Thätigkeit von dem Reize, den die eingeathmete Luft auf die Lungenschleimhaut oder die Nervenenden der herumschweifenden Nerven ausübt, an und für sich nicht herrührt. Die Erscheinungen, welche in dem luftleeren Raume befindliche Thiere darbieten, können diese Anschauungsweise ebenfalls unterstützen.

Hat man das große und das kleine Gehirn eines Säugethieres oder 4511
eines Vogels abgetragen, so wird die Athmung für die Dauer nicht gestört. Man kann selbst überdies die Ursprünge der herumschweifenden Nerven loslösen, ohne daß erwachsene Thiere auf der Stelle sterben. Da das verlängerte Mark mit dem Rückenmarke verbunden bleibt, so vermag sich noch ein mühevolles Athmungsspiel einige Zeit lang zu erhalten [1]).

Schneidet man dagegen das verlängerte Mark in der Gegend, in der 4512
die Wurzeln des herumschweifenden Nerven hervortreten, der Quere nach durch, so ist die Athmungsmechanik sogleich gelähmt. Flourens [2]) bemerkte in Kaninchen, daß dieser gefährliche Bezirk vorn an den Ursprungsstellen der herumschweifenden Nerven beginnt und hinten ungefähr $6\frac{1}{2}$ Mm. hinter ihnen aufhört. Jeder vollständige Querschnitt, der innerhalb dieser Grenzen fällt, hemmt auf der Stelle die Athembewegungen. Liegt dagegen die Verletzung weiter nach hinten, so können sich die Athemanstrengungen der Nasenflügel und der Kiefer einige Minuten erhalten. Befindet sie sich vor den Vaguswurzeln, so fallen die Athembewegungen der Kopfgebilde hinweg. Die des Körpers dagegen dauern schwach und mühsam fort.

Wird nur die eine Hälfte des verlängerten Markes angeschnitten, so folgt der Tod nicht auf der Stelle nach. Man hat auch beschränktere Blutergüsse von wahrscheinlich älterem Ursprunge in einzelnen menschlichen Leichen in der einen Seitenhälfte vorgefunden. Theilt man das verlängerte Mark der Länge nach in der Mittellinie, so können die Athembewegungen in ihrem früheren Gange fortdauern [3]).

Wir haben schon früher gesehen, daß die Zerstörung des verlängerten 4513
Markes allgemeine Krämpfe nach sich zieht. Es kann aber ein Zeitraum, in dem die Reizung jenes Nerventheiles die Muskeln der Gliedmaaßen nicht anregt, sehr tiefe Athembewegungen dagegen auf der Stelle hervorruft, in frisch getödteten Säugethieren auftreten. Drei Beispiele mögen uns die verschiedenen Hauptverhältnisse die hierbei vorzukommen pflegen, näher versinnlichen.

---

[1]) Flourens, a. a. O. p. 206.
[2]) Flourens, a. a. O. p. 198 — 204.
[3]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. I. S. 591.

Ich hatte eine vor wenigen Tagen geborene und noch blinde Katze mit Strychnin getödtet. Die Krämpfe schritten von hinten nach vorn vor und der Todeskampf trat binnen wenigen Minuten ein. Nun wurden das Herz und die Lungen entfernt. Das Thier lieferte dessenungeachtet noch eine Reihe von Athemzügen. Hatten diese eine Zeit lang aufgehört, so entfernte ich das große und das kleine Gehirn und reizte dann die Unterfläche des verlängerten Markes zuerst rein mechanisch und hierauf mittelst eines in Salpetersäure getauchten Stiftes. Jeder der vier Versuche, welche ich auf diese Weise anstellte, führte zu einer sehr tiefen Einathmung, bei der die Kiefer lebhaft klappten. Die Zunge bewegte sich mit großer Heftigkeit. Sie wurde nach dem Innern der Mundhöhle zurückgezogen.

Ich sägte den Schädel eines großen Hundes, der durch einen Schlag auf den Kopf getödtet worden, so schnell als möglich auf und entfernte das große und das kleine Gehirn. Das Thier hatte während dieses ganzen Eingriffes nicht mehr geathmet. Fuhr ich nun mit einem feuchten Schwamme über die Querschnittsfläche der Brücke dahin, so folgte eine sehr tiefe Einathmungsbewegung auf der Stelle nach. Dieser Versuch ließ sich drei Mal hinter einander mit dem gleichen Erfolge wiederholen. Die Athemmuskeln blieben in der Zwischenzeit und die übrigen Körpermuskeln während der ganzen Versuchsdauer vollkommen ruhig. Wir sehen hieraus, daß die Athembewegungen noch durch Reizung von Theilen, die vor dem eigentlichen Athmungsbezirke des verlängerten Markes liegen, erregt werden können.

Ich hatte das Gehirn einer mittelgroßen Hündinn, die vorher erhenkt worden war und den Strick um den Hals behalten hatte, auf ähnliche Art, wie in dem vorigen Versuche entfernt. Die Athembewegungen hatten schon einige Zeit, ehe ich die Schädeldecken spaltete, aufgehört. Es wurden das Herz und die rechte Lunge bloßgelegt, die linke dagegen unversehrt gelassen. Das Herz schlug nicht mehr von selbst und konnte auch durch kein Mittel zum Klopfen gebracht werden. Legte ich aber die dünnen Dräthe des Magnetelektromotors an die Querschnittsfläche der Brücke, so klappten die Kiefer. Man hörte zugleich ein Rasselgeräusch, als wenn Luft durch die zum Theil mit Schleim bedeckte Stimmritze hervordränge. Dieser Versuch ließ sich ebenfalls mehrere Male mit gleichem Erfolge wiederholen.

4514 Das verlängerte Mark unterhält das Wechselspiel des Ein- und Ausathmens ohne Aufhören, so lange das Leben überhaupt fortdauert. Die eben dargestellten Versuche lehren aber, daß wir noch eine einzige, der Reizung unmittelbar folgende, kräftige Athembewegung erregen können, wenn selbst schon die automatische Athmung aufgehört hat und der Einfluß, den das verlängerte Mark auf die übrigen Körpermuskeln ausübt, zu Grunde gegangen ist. Hat sich aber jene Wirkung ebenfalls verloren, so vermag immer noch die elektrische Reizung jenes Nervenstückes das Herz zum Stillstand zu bringen oder umgekehrt dessen Ruhe aufzuheben (S. 464) und Verkürzungen in den mannigfachsten Eingeweiden des Unterleibes anzuregen.

Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, mehrere sich unmittelbar anknüpfende Hauptfragen mit Sicherheit zu beantworten. Man weiß noch nicht, auf welche Weise das verlängerte Mark die Athemmuskeln zu ihrer berechneten gemeinschaftlichen Wirkung verknüpft, wie es das regelmäßige Athmungsspiel fortwährend unterhält und in der Erstickungsgefahr verstärkt, weshalb der Neugeborene seinen ersten Athemzug vollführt und nun die Athmung sein ganzes Leben hindurch fortsetzt. Manche Annahmen, die man in dieser Hinsicht versucht hat, beruhen auf irrigen Voraussetzungen. Andere umschreiben nur die verfolgbaren Thatsachen, ohne daß diese wahrhaft erklärt würden.

Da die Athembewegungen an dem enthaupteten Kopfe und nach der Entfernung der Lungen oder der äußeren Haut in allen hierfür passenden Körpertheilen fortdauern, so ergiebt sich von selbst, daß weder die Lungen-, noch die Hautausdünstung die Athmungsmechanik ursprünglich bedingt. Wir haben überhaupt schon früher gesehen, daß ihre Ursache in dem verlängerten Marke selbst liegt und nicht erst von peripherischen Nerven aus geliefert zu werden braucht. Der Mangel hellrothen Blutes oder eine zu geringe passende Blutmenge ändert zuerst die Natur der Athembewegungen und hebt sie später gänzlich auf. Die Erstickung kommt auf diesem Wege zu Stande. Spielt aber das verlängerte Mark nicht mehr von selbst, so ist ein passender Reiz im Stande, dessen Einfluß von Neuem wenigstens für einen Augenblick hervortreten zu lassen. Wir können hieraus schließen, daß eine gewisse noch unbekannte innere Einrichtung des verlängerten Markes die zweckmäßige Verbindung der Athemmuskeln möglich macht. Der Zufluß des hochrothen und der Abfluß des dunkelrothen Blutes, wie er unter den gewöhnlichen Verhältnissen stattfindet, die gehörige Füllung der Gefäße und die regelmäßige Wechselwirkung des Blutes und der Nervenmasse unterhalten das Athmungsspiel fortwährend. Sein Gang ändert sich nur, so wie auch benachbarte Theile des Nervensystems in Thätigkeit gerathen und gleichsam kräftiger an dem nervösen Athmungsapparate rütteln. Es können daher die Athembewegungen durch Geisteseindrücke, Willenseinflüsse, Schmerzensempfindungen oder durch körperliche Anstrengungen in mannigfachster Weise verändert werden. Es hängt von solchen Verhältnissen ab, wie sich der Rhythmus und die Stärke der Athembewegungen gestalten, ob sie einfach bleiben oder ob sich die Thätigkeiten, welche die Stimmtöne, das Husten, das Niesen, das Drücken und dgl. fordern, hinzugesellen. Fällt dagegen die natürliche Spannung des Blutes, die regelrechte Füllung der Blutgefäße oder die normale Beschaffenheit der Blutmasse hinweg, so erzeugt sich auch jener Sturm der Athembewegungen, den wir mit der Erstickungsgefahr und jenes peinliche Gefühl, das wir mit dem Worte der Athmungsnoth bezeichnen. Die Empfindung wird dann nach Gesetzen, die wir in der Folge kennen lernen werden, nicht sowohl in dem verlängerten Marke, als in den Athmungswegen wahrgenommen. Hat hier das verlängerte Mark eine Zeit lang gekämpft, so sinkt seine Thätigkeit nach und nach. Die Athemzüge folgen seltener auf einander. Sie zeichnen sich aber im Anfange noch durch ihre Tiefe und die Menge von Muskeln, welche sie in Anspruch nehmen, aus, bis sie endlich gänzlich erliegen und höchstens für kurze Zeit durch künstliche äußere Anregungen möglich bleiben.

Einzelne Forscher [1]), die den Einfluß des dunkelrothen Blutes mit Recht hervorhoben, haben angenommen, daß jenes an jedem Orte des Körpers wirkt und von hier aus das verlängerte Mark durch die Nerven reflectorisch anregt. Mehrere Thatsachen weisen aber darauf hin, daß es hier nur darauf ankommt, ob jener Theil des centralen Nervensystemes unregelmäßigen Verhältnissen unmittelbar unterworfen wird, daß die Erstickung von dieser Art von Einwirkung und nicht von dem Antriebe peripherischer Nerven ausgeht. Wäre das letztere der Fall, so ließe sich erwarten, daß Athembeschwerden entstehen müßten, so wie ein großer Bezirk der Körpergebilde den Zufluß hellrothen Blutes entbehrt. Die Unterbindung der Aorta zieht aber keine solchen Folgen nach sich. Haben wir umgekehrt die Verhältnisse des verlängerten Markes durch den Verschluß der beiden Hals- und der beiden Wirbelschlagadern zerstört, so stirbt das Thier, indem die Athembewegungen, wie bei der Erstickung, unregelmäßig und endlich tiefer und seltener werden.

Säugethiere, deren großes und kleines Gehirn entfernt worden, athmen ungestört

---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1841. S. 342. Vierordt, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig 1845. 8. S. 912.

fort. Es erklärt sich hieraus, weshalb Anencephalen oder Mißgeburten, deren Gehirn mangelt, deren verlängertes Mark dagegen unversehrt geblieben, einige Zeit nach der Geburt leben, schreien und selbst saugen können. Hat der Geburtshelfer, der ein Kind enthirnen mußte, das verlängerte Mark zufälliger Weise geschont, so bleibt es immer noch möglich, daß sich das verstümmelte Geschöpf nach der Geburt regt und daß es selbst Laute von sich giebt. Da die Abwesenheit des Rückenmarkes nur einen Theil der Athembewegungen unmöglich macht, so hebt die Mißbildung des gespaltenen Rückgrathes die Athmungsthätigkeit nicht nothwendiger Weise auf.

Obgleich die Entfernung des großen und des kleinen Gehirns das Athmen nicht unterdrückt, so würden wir doch irren, wenn wir schließen wollten, daß jene Theile gar keinen Einfluß auf die der Athmung dienenden Muskeln ausüben. Der willkührliche Wechsel der Athembewegungen spricht schon entschieden dagegen. An Thieren angestellte Versuche können das Gleiche bekräftigen. Reizte Budge [1]) die Streifenhügel von Kaninchen, so erhielt er lebhafte Zusammenziehungen des Zwerchfells und der Zwischenrippenmuskeln. Wiederholte ich die Versuche mit dem Magnetelektromotor, so bemerkte ich ebenfalls nicht selten Zwerchfellzusammenziehungen, wenn ich den einen der beiden Streifenhügel, das kleine Gehirn oder das verlängerte Mark frisch getödteter Kaninchen angesprochen hatte. Es ereignete sich sogar hierbei, daß eine Kreuzungswirkung deutlich zum Vorschein kam. Reizte ich z. B. die rechte Halbkugel des kleinen Gehirns in einem Falle, so verkürzte sich die linke Hälfte des Zwerchfells auf das Auffallendste. Es kommt auch häufig vor, daß sich die Zusammenziehung z. B. nach dem Anspruche des rechten Streifenhügels allgemein verbreitet, daß das Uebergewicht einer Zwerchfellhälfte nicht deutlich nachgewiesen werden kann.

Hat man die Brust- und die Bauchhöhle eines frisch getödteten Kaninchens geöffnet, so zittert nicht selten das Zwerchfell von selbst fort, wenn auch alle übrigen Athembewegungen und sogar die Empfänglichkeit der meisten Körpergebilde längst geschwunden sind (§. 2289.). Ruht der Zwerchfellmuskel im Anfange, so bedarf es oft nur irgend eines Reizes, der seine Thätigkeit von Neuem anregt, damit es längere Zeit ohne Weiteres fortspielt. Etwas Aehnliches kehrt auch an dem Blutgefäß- und den Lymphherzen der Frösche wieder (S. 473.).

Bedient man sich mäßig starker Inductionsströme, so kann das Zittern des Zwerchfelles fortdauern, wenn selbst der Herzschlag in Folge des das verlängerte Mark treffenden Reizes still steht. Greift die Wirkung kräftiger durch, so verzieht sich häufig das Zwerchfell einseitig. Die Muskelbündel, die mit den Rippen oder der Wirbelsäule in Verbindung stehen, gewinnen hierbei leicht das Uebergewicht. Diese Verkürzung hält oft im Anfange eine Zeit lang an und hört dann mit der Entfernung der Leitungsdräthe auf. Es zeigt sich in anderen Fällen, daß ein fortwährendes Zittern oder selbst völlige Ruhe der anhaltenden Verkürzung nachfolgen, obgleich die elektrischen Ströme ununterbrochen durch das verlängerte Mark geleitet werden.

Hatte Traube [2]) die Halsschlagadern eines Kaninchens unterbunden, das große Gehirn bis auf die Sehhügel entfernt, die beiden herumschweifenden Nerven getrennt, zusammengebunden und dem Einflusse der Rotationsmaschine ausgesetzt, so stand die Athmung während der Drehungszeit still. Ließ er dagegen schwächere Ströme in anderen Versuchen wirken, so vergrößerte sich die Zahl der Athemzüge. Wurde der Hüftnerv angesprochen, so schrie das Thier laut auf, lieferte hierbei starke Ausathmungen, die von tiefen Einathmungen unterbrochen waren, und krümmte den Rumpf auf das Lebhafteste.

Fassen wir diese Thatsachen zusammen, so sehen wir, daß die elektrischen Ströme ähnliche Einflüsse auf die Athemmuskeln, wie auf die übrigen rothen Verkürzungsgebilde ausüben. Das Zwerchfell bewahrt aber seine Empfänglichkeit in jeder Beziehung länger, als alle anderen der Athmung dienenden freien Muskelmassen.

Bell hat die Vermuthung aufgestellt, daß der Rollmuskelnerv (N. patheticus), der Antlitznerv (N. facialis), der Zungenschlundkopfnerv (N. glossopharyngeus), der herumschweifende und der Beinerv (N. vagus cum N. accessorio), der Zwerchfellnerv (N. phrenicus) und der äußere Athemnerv (N. thoracicus s. pectoralis posterior) ein eigenes, der

---

[1]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt a. M. 1842. 8. S. 54.

[2]) Traube, in der Berliner medicinischen Zeitung. 1847. Nro. 5. S. 20. 21.

Athmung dienendes Nervensystem, das vorzugsweise mit den Seitensträngen des Rückenmarkes und des verlängerten Markes in Verbindung steht, darstellen. Es ergiebt sich aus dem Früheren, daß sich der Rollmuskelnerv und der Zungenfleischnerv in keiner eigenthümlichen Weise bei den Athembewegungen betheiligen, daß aber dafür viele Körpernerven, die in jener Uebersicht fehlen, häufig genug wesentlich mitwirken. Lassen wir auch dieses bei Seite, so frägt es sich sehr, ob überhaupt das Athmungsspiel besondere Nerven in Anspruch nehmen muß. Können auch manche Verhältnisse des herumschweifenden und des Beinerven zu Gunsten dieser Ansicht gedeutet werden (§. 4358.), so sprechen doch die der meisten Rückenmarksnerven gegen eine solche Auffassungsweise. Nehmen wir dagegen an, daß das Athmen nur einer besonderen Einrichtung im Innern des verlängerten Markes und keiner eigenthümlichen peripherischen Nerven bedarf, so erklären sich alle Verhältnisse auf eine ungezwungenere Weise. Es wird uns sogar begreiflicher, weshalb der Beinerv vorzugsweise die Stimme und der herumschweifende Nerv die Athmungsthätigkeiten zu leiten im Stande ist.

Es versteht sich von selbst, daß die Unthätigkeit des verlängerten Markes, welche die Athmung unmöglich macht, die Stimmbildung ebenfalls beseitigt. Erinnern wir uns aber, welchen bedeutenden Einfluß der Beinerv auf die Tonerzeugung ausübt, so können wir mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß eine entsprechende Verletzung der Centraltheile die Stimmtöne ohne die Athmung aufzuheben vermag.

Es läßt sich durch vergleichende Versuche darthun, daß die nervösen 4515
Centralgebilde, von denen die regelmäßigen Wellenbewegungen der Speiseröhre und die vollkommenen Schluckbewegungen überhaupt abhängen, in dem verlängerten Marke liegen müssen. Ein enthirntes Thier schluckt noch von selbst (§. 2333.). Speisen, die man ihm in den Rachen stopfte, gehen in den Magen hinab. Hatte ich z. B. die Großhirnhalbkugeln einer erwachsenen Henne ausgerottet, so blieben Brodmassen, die ich ihr auf den hinteren Theil der Zunge brachte, ruhig liegen, wenn selbst das Thier den Mund abwechselnd geschlossen und geöffnet hatte. Schob ich dagegen die festen Speisen bis jenseit der Oeffnung der Stimmritze oder spritzte ich Wasser in den Rachen ein, so waren die festen Nahrungsmittel im Augenblick heruntergeschluckt. Hatte ich umgekehrt die beiden so hoch als möglich bloßgelegten herumschweifenden Nerven aus den Durchgangsöffnungen des Schädels in großen Kaninchen herausgerissen und eine Luftröhrenfistel angelegt, so blieben die Wellenbewegungen der Speiseröhre auf der Stelle aus. Sie erzeugten sich nicht mehr von selbst. Wurden Brodkugeln in den Rachen oder durch eine Wunde der Speiseröhre eingeführt, drückte ich die Luftröhre mit der Pincette zusammen, so fehlte jetzt die Peristaltik der Speiseröhre. War dagegen nur der eine herumschweifende Nerv ausgerissen worden, so blieb sie immer noch möglich. Da sich die Speiseröhre ruckweise und in größerer Ausdehnung auf ein Mal zusammenzieht, so wie man das peripherische Stück des einen durchschnittenen Halsstammes irgendwie reizt, so ergiebt sich aus den früher erwähnten Thatsachen, daß die Ursache der Wellenbewegung derselben, der Grund, weshalb sich dann ein Stück nach dem anderen verkürzt, weder im Gehirn noch in den peripherischen Nerven, sondern in dem verlängerten Marke liegen muß.

Reid[1]) glaubte gefunden zu haben, daß die Trennung der Halstheile der beiden

[1]) J. Reid, An experimental Investigation into the Functions of the eighth Pair of Nerves. Edinburgh 1839. 8. p. 6. u. Todd, Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Tome III. London 1847. 8. p. 901.

herumschweifenden Nerven die Wellenbewegungen der Speiseröhre in Kaninchen, nicht aber in Hunden aufhebt. Es wurde schon §. 2336 angeführt, daß der Halstheil der Speiseröhre des Hundes nicht mehr von dem freien Halsstamme des herumschweifenden Nerven versorgt wird. Der obere Kehlkopfzweig entläßt vielmehr nach Ludwig einen Ast, der zwischen der Luft- und der Speiseröhre dahingeht, sich an den unteren Kehlkopfzweig anlegt und die Muskelmasse des Halsstückes der Speiseröhre ausschließlich versieht. Dieses erklärt den von Reid bemerkten Unterschied. Wild [1]) giebt in der That an, daß der Brusttheil, nicht aber der Halstheil der Speiseröhre gelähmt wird, wenn man die herumschweifenden Nerven in der Höhe des Kehlkopfes durchschnitten hat.

4516 Manche Forscher glauben sich zu der Annahme berechtigt, daß das verlängerte Mark Empfindungen vermittelt und Willensbefehle ertheilt [2]). Diese Thätigkeiten würden mit der Entfernung des Gehirns nicht völlig zu Grunde gehen. Das verstümmelte Thier befinde sich in einem Zustande, der mit dem eines Träumenden nahe verwandt sei. Es liegt zwar meistentheils regungslos da, macht aber passende Bewegungen, so wie äußere Reize einwirken. Es zittert vor Kälte, versucht sich zu regen, so wie man es gestoßen hat, und bewegt sich, wenn man es am Schwanze kneipt. Alle diese Erscheinungen beweisen noch nicht, daß hier eine bewußte Empfindung und ein selbstbestimmender Wille vorhanden sind. Wir werden in der Folge finden, daß viele verwickelte Thätigkeiten, die wir scheinbar willkührlich hervorbringen, nur dadurch möglich werden, daß die Centralgebilde des verlängerten Markes und des Rückenmarkes eine passende Vorrichtung zum Abspielen jener Einzelwirkungen darbieten. Diese Auffassungsweise erklärt alle Erscheinungen, welche die enthirnten Thiere darbieten. Manche andere Verhältnisse machen es sogar wahrscheinlich, daß das verlängerte Mark keine bewußte Empfindung zu vermitteln und keine Willensbefehle zu erzeugen vermag.

4517 Haben die Großhirnhemisphären eines Menschen beträchtlich gelitten, so ist er nicht mehr im Stande, seine Glieder willkührlich zu gebrauchen. Viele Personen, die an halbseitiger Lähmung leiden, haben den Willenseinfluß auf die eine Körperhälfte verloren, ohne daß sich eine Spur einer Störung in dem verlängerten Marke verräth. Die spätere Leichenöffnung weist häufig genug nur ältere Entartungen des Seh- oder Streifenhügels oder des großen Gehirns überhaupt, nicht aber des verlängerten Markes nach. Es versteht sich von selbst, daß ein enthirntes Thier nicht mehr riecht und sieht. Es ließe sich aber eher erwarten, daß der Gehör-, der Geschmack- und der Tastsinn nicht völlig zu Grunde gegangen sein werden. Ein solches Geschöpf verräth aber nicht, daß es Eindrücke der Art mit Bewußtsein auffaßt und nach seinem Willen aufsucht oder vermeidet. Es antwortet höchstens mit gewissen, zweckmäßig verknüpften Bewegungen, deren Möglichkeit zum Theil schon durch den feineren Bau des Rückenmarkes gegeben ist.

---

[1]) C. Wild, in Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. V. Seite 93. 94.

[2]) Cuvier, bei Flourens a. a. O. p. 77. Joh. Müller, Physiologie. Bd. I. Vierte Auflage. Coblenz 1844. 8. S. 720. 21. Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig 1842. 8. S. 581. 82.

Wir nehmen gewöhnlich an, daß das Schreien gereizter Thiere als ein Zeichen der Schmerzempfindung betrachtet werden müsse. Enthirnte Geschöpfe stoßen nicht selten klägliche und anhaltende Laute aus, wenn man ihren Schwanz zusammendrückt oder sie auf andere Weise reizt. Man bemerkt, daß sich diese Wirkungen dann häufiger und leichter, als in unverstümmeltem Zustande zeigen. Diese Thatsache kann mit Recht zur Vermuthung führen, daß jene Stimmtöne nur Reflexerscheinungen, deren Auftreten durch die Entfernung des Gehirns begünstigt wird, darstellen.

Zwangbewegungen nach Verletzung einzelner Hirn- 4518
theile. — Hat man gewisse Stücke des verlängerten Markes, des kleinen oder des großen Gehirns verletzt, so ereignet es sich, daß das Thier bestimmte unabweißliche Bewegungen von selbst vollführt oder sie wenigstens, sobald es vorwärts schreitet, wie von einer inneren Kraft getrieben, darbietet. Während der Gesunde das Maaß und die Richtung seiner Ortsveränderungen zu beherrschen im Stande ist, überwindet hier eine vorgeschriebene Thätigkeitsweise die Willensbefehle und die Zweckmäßigkeit der Instincte. Wir stoßen auf eine Gleichgewichtsstörung, die häufig durch die Verletzung anderer Gehirngebilde verändert oder aufgehoben zu werden vermag. Eine zweite Eigenthümlichkeit verräth sich bisweilen in der wechselnden Stärke jener Zwangsbewegungen. Man findet hin und wieder, daß sie im Anfange leise auftreten, sich aber je länger sie dauern, immer mehr steigern, bis endlich die Ruhe nach einiger Zeit von Neuem eintritt. Die geringste Veranlassung kann dann einen Sturm abermals heraufbeschwören.

Regelwidrige anhaltende Verkürzungen und Wechselbewegungen treten 4519
nicht selten in den verschiedenen Theilen eines und desselben Geschöpfes gleichzeitig auf. Es dreht sich z. B. der Gesammtkörper des Thieres, während der Kopf im Ganzen, die Augen oder die Ohren gewisse ungewöhnliche Stellungen fortwährend bewahren. Ein äußerer Reiz ruft die Erscheinungen auf der Stelle hevor. Sie kommen aber auch häufig genug von selbst zu Stande. Es frägt sich, ob nicht bewußte Empfindungen oder Störungen in den Eingeweiden die Unruhe in diesem zweiten Falle veranlassen.

So sicher diese Bewegungsverhältnisse in Thieren künstlich erzeugt werden können, so selten treten sie in Menschen, die an Hirnkrankheiten leiden, hervor. Bietet auch die spätere Leichenöffnung nur einseitige Verletzungen in dem großen oder dem kleinen Gehirn dar, so begegnen wir doch häufiger im Leben einfachen Lähmungserscheinungen. Es muß vorläufig dahingestellt bleiben, ob dieser Unterschied von der Eigenthümlichkeit des Gehirns oder von dem aufrechten Gange und den anderen Körpereigenthümlichkeiten des Menschen abhängt.

Manche Krankengeschichten lehren, daß Zwangsbewegungen eigenthümlicher Art in ihm vorkommen können. Einzelne der anhaltenden Krampfbewegungen, welche die Arzneikunde als Begleiter des Veitstanzes bezeichnet, der Fall, daß manche Nervenkranke bestimmte Worte, wie z. B. Nein unaufhörlich wiederholten und mit entsprechenden Kopfbewegungen begleiteten, gehören zu dieser Reihe von Erscheinungen. Denn der Leidende ist nicht im Stande, diese Thätigkeit trotz des Willenseinflusses zu unterdrücken.

Die genaue Darstellung der Zwangsbewegungen der Thiere stößt auf manche Schwierigkeiten. Die Worte reichen oft nicht aus, ein klares Bild der Abweichungen zu entwerfen. Die noch so sorgfältige Untersuchung eines solchen Geschöpfes genügt nicht, alle Unregelmäßigkeiten zu entdecken. Es kommt überdieß ungemein viel auf die Thierart und die Oertlichkeit der Verletzung an. Es können auch im Anfange andere Abweichun-

gen, als später auftreten. Diese Gründe erklären es, weshalb die verschiedenen Forscher scheinbar ungleiche und zum Theil entgegengesetzte Ergebnisse erhielten. Weichen die Verletzungsorte um einige Millimeter in zwei Versuchen ab, so können schon die beträchtlichsten Unterschiede zum Vorschein kommen.

4520 Die bleibenden Störungen der Bewegungswerkzeuge, welche die einseitigen Gehirnverletzungen der Thiere häufig begleiten, verrathen sich am Deutlichsten durch einseitige Krümmungen des Rumpfes oder des Halses, und durch ungewöhnliche Stellungen der Augen oder der Ohren. Verkrümmungen der Glieder und vorzüglich der Endstücke derselben, wie sie in älteren halbseitigen Lähmungen des Menschen beobachtet werden, pflegen in Thieren nicht hervorzutreten.

4521 Wir stoßen im Ganzen auf dreierlei Hauptformen von Drehbewegungen: 1) Die Längs- oder die Achsendrehung. Das umgefallene Säugethier rollt hier fortwährend um die Längenachse seines Körpers, ungefähr wie eine cylindrische Masse, die man an einer geneigten Fläche hinabgleiten läßt. 2) Die Halbmesserdrehung. Der Stützpunkt des einen Hinterbeines bildet gewissermaaßen den Mittelpunkt, um den sich die übrigen Theile des Thieres im Kreise herumbewegen. Endlich 3) der Bogengang, die Reitbahn- oder die Manègebewegung, bei der das Geschöpf im Ganzen in einem größeren oder kleineren Kreise, wie ein an der Leine in der Reitbahn geführtes Pferd herumläuft. Man bestimmt in allen diesen Fällen die Richtung, indem man sich in die Längenachse des Thieres mit dem Kopfe nach vorn und dem Gesichte nach unten versetzt denkt.

4522 Verletzt man auch nur einen untergeordneten Abschnitt des verlängerten Markes, so erhält man doch in der Regel lebhafte allgemeine Krämpfe, die einige Zeit nach der Verwundung anhalten können. Hatte Hertwig[1]) fast die ganze rechte Seitenhälfte der Quere nach in einem Hunde getrennt, so krümmte sich später der Körper des Thieres nach links. Als Magendie[2]) nur die Gegend der rechten Pyramide durchschnitten hatte, bemerkte er eine Beugung, die nach der rechten Seite gerichtet war. Wurde hierauf noch der Bezirk des linken strickförmigen Körpers verletzt, so rollte sich das Thier in ähnlicher Weise, wie es im Schlafe vorkommt, kreisförmig zusammen. Die Schnauze war dabei hinter der linken Weiche versteckt. Die Augen nahmen ungleiche Stellungen an. Die Beziehung derselben zu den Oertlichkeiten der Verletzung sollen denen, welche man nach der Trennung des einen Kleinhirnschenkels bemerkt, entgegengesetzt gewesen sein.

Hatte Magendie[3]) das kleine Gehirn und das verlängerte Mark von Kaninchen bloßgelegt, jenes in die Höhe gehoben und einen einseitigen Querschnitt, dessen inneres Ende 3 bis 4 Millimeter von der Mittellinie begann, durch den Boden der vierten Hirnhöhle geführt, so verfiel das Thier in Reitbahndrehungen, die nach der verletzten Seite hin gerichtet waren. Frühere Versuche desselben Forschers und ähnliche Beobachtungen von Hertwig und Flourens lehrten dagegen, daß Verletzungen, die sich nur auf das verlängerte Mark beschränken und nicht auf die Brücke ausdehnen, keine Drehbewegungen zur Folge haben.

---

[1]) Hertwig, Experimenta. pag. 25.
[2]) Magendie, Vorlesungen. S. 186.
[3]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 431. 32.

Schneidet man die eine Seitenhälfte der Varolsbrücke der Länge nach 4523
durch, so liefert das Thier eine unaufhaltsame Längsdehnung, die nach der Verletzungsseite hin gerichtet ist. Die Kaninchen rollen bisweilen so rasch, daß eine Umdrehung weniger, als eine Secunde in Anspruch nimmt. Das der verletzten Seite entsprechende Auge starrt dabei nach vorn und unten und das entgegengesetzte nach hinten und oben. Liegt der Schnitt der Mittellinie näher, so verlieren die Drehungen an Lebhaftigkeit [1]). Die Thiere beruhigen sich nachträglich von selbst. Regt sie aber ein äußerer oder ein innerer Reiz auf, so verfallen sie leicht von Neuem in die früheren Rollbewegungen.

Glückt es, die andere Hälfte der Brücke an der entsprechenden Stelle 4524
der Länge nach zu trennen, so wird jene Neigung zu Drehbewegungen aufgehoben. Hertwig [2]) hatte z. B. den Hirnknoten eines Hundes links in der Richtung von vorn nach hinten durchschnitten. Das Thier drehte sich dann bei jeder Gelegenheit nach links. Machte er nun rechts einen ähnlichen Längenschnitt, so blieb dann der Hund ruhig. Bewegte er sich, so fehlten die früheren Zwangserscheinungen. Trennte dagegen Magendie [3]) die Brücke von Kaninchen in der Mittellinie, so hielten sich die Thiere aufrecht. Sie schwankten aber, als wollten zwei sich gegenseitig das Gleichgewicht haltende Kräfte sie nach dieser oder jener Seite ziehen.

Die Verletzung des mittleren Kleinhirnschenkels führt ebenfalls zu 4525
einer lebhaften Längsdrehung. Flourens [4]) Lafargue und Longet [5]) fanden, daß die Richtung, in welcher das Thier rollt, der der Verletzungsstelle entgegengesetzten Seite entspricht. Magendie [6]) gab dagegen an, daß sie nach der kranken Hälfte hingewendet ist. Die Beobachtungen von Schiff [7]) scheinen die Ursachen dieses Widerspruches aufzuhellen. Hatte dieser Forscher den einen mittleren Kleinhirnschenkel eines Kaninchens allein durchschnitten, so erhielt er eine Längsdrehung, die nach der verletzten Seite hin sah. Das entsprechende Auge stierte dann nach vorn und unten und das entgegengesetzte nach hinten und oben. Trennte er dagegen die Markmasse der einen Halbkugel des kleinen Gehirns, so wälzte sich das Thier nach der der Verwundung gegenüberstehenden Seite. Das entgegengesetzte Auge stierte dann nach vorn und unten, während sich das entsprechende unruhig in der Augenhöhle umherzurollen pflegte und sich nur seltener fest nach hinten und oben richtete. Man stößt daher auf verhältnißmäßige Kreuzungswirkungen, je nachdem man den Brückenschenkel selbst oder die mit ihm unmittelbar zusammenhängende Markmasse der Halbkugel des kleinen Gehirns angreift.

---

[1]) F. Magendie, Précis élementaire. p. 146. u. Vorlesungen. S. 181. Hertwig, a. a. O. p. 21. 22. Flourens, a. a. O. p. 489. Schiff, De vi motoria. pag. 52. 53.
[2]) Hertwig, a. a. O. pag. 22.
[3]) Magendie, Vorlesungen. Seite 180.
[4]) Flourens, a. a. O. pag. 489.
[5]) Longet, a. a. O. Tome I. pag. 434.
[6]) Magendie, a. a. O. S. 173.
[7]) Schiff, a. a. O. pag. 52. 53.

Man hat häufig den Versuch gemacht, die eben erwähnten Hirntheile mit dem Neurotom (§. 4268.) zu durchschneiden, ohne vorher das Schädeldach abzuheben. Es gelingt aber dann nur selten, den mittleren Kleinhirnschenkel selbst zu treffen. Man verletzt meistentheils die ihm benachbarte Markmasse der entsprechenden Kleinhirnhalbkugel und erhält auf diese Weise eine nach der entgegengesetzten Seite gerichtete Drehung. Hatte nun Schiff [1]) diese Art von Wendung zu Stande gebracht und schnitt er dann den Brückenschenkel selbst durch, so rollte das Thier nach der kranken Seite hin. Eine ausführliche Schilderung der Einzelbewegungen, durch welche das Gesammtergebniß der Drehung zu Stande kommt, giebt Schiff, De vi motoria baseos encephali inquisitiones experimentales. Bockenhemii 1845. 8. p. 49—52.

4526 Hat man die vorderen, zu den Vierhügeln verlaufenden Kleinhirnschenkel getrennt, so leiden die Bewegungen in keiner auffallenden Weise. Die hinteren Kleinhirnschenkel scheinen ebenfalls keine Drebewegungen nach sich zu ziehen, so lange nicht die Nachbargebilde des verlängerten Markes oder des kleinen Gehirns zufällig verletzt werden. Die Thiere krümmen sich jedoch dann bisweilen nach Rolando nach der kranken Seite hin. Flourens nimmt an, daß sie eine Neigung, rückwärts zu gehen, verrathen.

4527 Kaninchen, denen Purkinje und Krauss [2]) die rechte Hälfte der Vierhügel eingeschnitten hatten, wandten ihren Kopf nach rechts und verfielen in eine nach der verletzten Seite gerichtete Reitbahnbewegung. Das gesunde rechte Auge starrte dann nach hinten und das kranke linke nach vorn. Hertwig [3]) bemerkte das Gleiche in Hunden und Flourens [4]) in diesen und in Tauben, während sich die Frösche nach der der Verletzung entgegengesetzten Seite wendeten. Vögel verfallen bisweilen bei dem Fliegen in eine Halbmesserdrehung, deren Mittelpunkt die Schnabelspitze des vorgestreckten Kopfes darstellt [5]).

4528 Eine Katze, deren kleines Gehirn Hertwig [6]) durch einen senkrechten Längenschnitt in zwei ungefähr gleiche Hälften gesondert hatte, schwankte bei dem Gehen von einer Seite zur anderen, als würde sie von unsichtbaren Kräften hin und her gestoßen. Die Augen rollten dabei fortwährend in den Augenhöhlen auf das Lebhafteste herum. Eine Taube welche die gleiche Verletzung erlitten, bot im Wesentlichen ähnliche Erscheinungen dar. Purkinje und Krauss [7]) bemerkten in dem gleichen Falle in Säugethieren, daß der Kopf rasch nach hinten ging, die Augen, deren Sehlöcher erweitert waren, nach oben und hinten sahen, der ganze Körper durch Stöße der Vorderbeine nach oben gebogen wurde und daß diese Alles, was ihnen in den Weg kam, mit Gewalt fortstießen.

4529 Hatte Hertwig [8]) einen bis zur Mittelmasse reichenden senkrechten

---

[1]) Schiff, a. a. O. pag. 54.
[2]) H. C. Guil. Krauss, De cerebri laesi ad motum voluntarium relatione certaque vertiginis directione ex certis cerebri regionibus laesis pendente. Vratislawiae 1844. 8. p. 34. 35.
[3]) Hertwig, a. a. O. pag. 18. 19.
[4]) Flourens, a. a. O. p. 44. 51. u. 144.
[5]) Krauss, a. a. O. pag. 35.
[6]) Hertwig, a. a. O. p. 15.
[7]) Krauss, a. a. O. p. 16.
[8]) Hertwig, a. a. O. p. 16. 17.

Längenschnitt durch die rechte Seitenhälfte des kleinen Gehirns einer Katze geführt, so konnte das Thier nur wenige Schritte taumelnd vorwärts schreiten. Es verfolgte hierbei eine bogenförmige, nach rechts sehende Bahn. Seine Augen rollten in ihren Höhlen herum. Wurde nun die gleiche Verletzung an der linken Kleinhirnhälfte wiederholt, so bewegte sich die Katze gerade vorwärts. Sie taumelte im Anfange. Ihr Gang gewann aber in der Folge an Sicherheit.

Wir haben schon §. 4525 gesehen, daß die Verletzungen des Lebens- 4530
baumes eine nach der gesunden Seite gerichtete Längsdrehung nach Schiff herbeiführen. Purkinje und Krauss[1]) geben an, daß die gleiche Art von Kreisbewegung nach der kranken Seite hin gerichtet ist. Die Augen liefern auch nach ihnen Stellungen, welche denen, die Schiff wahrnahm, entgegengesetzt sind. Die Erfahrungen, die Hertwig[2]) machte, sprechen ebenfalls für die Wendung nach der kranken Seite. Wir dürfen hiernach vermuthen, daß hier die Erscheinungen mit der Oertlichkeit und dem Grade der Verletzung in hohem Grade wechseln und der Lebensbaum selbst zu wesentlichen Verschiedenheiten in dieser Beziehung führen kann. Die Drehungen gewinnen im Allgemeinen an Lebhaftigkeit, je näher der Schnitt an dem mittleren Kleinhirnschenkel durchgeht.

Fodéra, Magendie[3]), Flourens, Purkinje und Krauss 4531
glaubten bemerkt zu haben, daß Säugethiere und Vögel, denen man das kleine Gehirn genommen hat, unwillkührlich rückwärts gehen. Hertwig[4]) Lafargue[5]), Volkmann[6]) und Nicolucci[7]) dagegen konnten dieses nicht bemerken. Der Widerspruch rührt davon her, daß sich die Neigung, rückwärts zu gehen oder nach hinten zu fliegen, in vielen Geschöpfen nicht verräth, in anderen dagegen mehr oder minder deutlich zum Vorschein kommt. Flourens[8]) sah sie z. B. nur fünf, Bouillaud bloß vier Mal in 18 Einzelversuchen. Der Erstere schließt aus seinen Beobachtungen, daß nur diejenigen Verletzungen, welche die hinteren Kleinhirnschenkel oder den hinteren Theil des Mittellappens des kleinen Gehirns treffen, jene Geneigtheit zum Rückwärtsgehen zur Folge haben.

Die Trennung des einen Großhirnschenkels oder des einen Sehhügels 4532
erzeugt eine Reitbahnbewegung, die nach Magendie nach der Verletzung, nach Lafargue und Longet dagegen nach der entgegengesetzten Seite gerichtet ist. Dieser Widerspruch hängt nach Schiff[9]) von der Oertlichkeit des Eingriffes ab. Trifft nämlich der Schnitt die vorderen drei Vier-

---

[1]) Krauss, a. a. O. p. 15.
[2]) Hertwig, a. a. O. pag. 17.
[3]) Magendie, Précis de Physiologie. pag. 144.
[4]) Hertwig, a. a. O. p. 15 – 17.
[5]) Longet, a. a. O. Tome I. pag. 745. 46.
[6]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig 1842. 8. S. 593.
[7]) C. Nicolucci, in Il Filiatre-Sebezio. Giornale della scienze mediche. Maggio 1844. 8. p. 259.
[8]) Flourens, a. a. O. pag. 490.
[9]) Schiff, in Roser und Wunderlich's medicinischer Vierteljahrsschrift. Bd. V. Stuttgart 1846. 8. S. 671.

theile der Masse des Sehhügels, so geht immer die Reitbahnbewegung nach der Seite, an der die Verwundung stattgefunden hat. Greift man aber das hinterste Viertheil des Sehhügels oder der Großhirnschenkel an, so schlägt die Wendung in die entgegengesetzte Richtung um. Hat man den Großhirnschenkel weiter nach vorn durchschnitten, so erhält man eine reine Reitbahndrehung, bei welcher sich der ganze Körper des Thieres in einem Bogen fortbewegt. Wurde dagegen der Schnitt möglichst nahe der Varolsbrücke geführt und das vorderste Ende von dieser gleichzeitig verletzt, so erschien eine Halbmesserdrehung, für welche die Ferse des Fußes der der Verletzung entgegengesetzten Seite den Stützpunkt lieferte[1]).

4533 Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die vollständige Entfernung der einen Großhirnhalbkugel oder ein senkrechter, bis zur Grundfläche fortgesetzter Längenschnitt, der die Innenseite von dieser getroffen hat, eine nach der entgegengesetzten Seite gerichtete Reitbahndrehung zur Folge haben wird. Geht man dagegen gerade in der Mittellinie hindurch, so daß nur der Balken, das Gewölbe, die vordere und die weiche Commissur und der Boden der mittleren Hirnhöhle getrennt werden, so erzeugen sich keine Drehbewegungen. Hat man die eine Großhirnhemisphäre bis auf das Dach der Seitenhöhle abgetragen, so findet sich hin und wieder schon eine gewisse Geneigtheit, sich in einem Bogen, welcher nach der der Verletzung entgegengesetzten Seite gerichtet ist, fortzubewegen[2]).

Hatte ich die linke Großhirnhalbkugel eines Kaninchens bis zur Grundfläche der Länge nach eingeschnitten, so bog sich der Kopf nach hinten, so daß er den rechten Schenkel berührte. Die Lippen und seltener die Kiefer bewegten sich hierbei öfters, als wollte das Thier etwas hinweglecken. Das linke Ohr war stark nach hinten gezogen. Das Kaninchen konnte nur nach rechts gerichtete Drehbewegungen machen. Sie entstanden später bei den geringsten Veranlassungen und erlangten eine solche Heftigkeit, daß sich das Thier in das Heu tief eingrub. Es schoß sogar das eine Mal, als man es anrühren wollte, zu einem Fasse, dessen Höhe mehr als einen Fuß betrug, heraus. Es verhielt sich aber sonst in den Zwischenzeiten der Ruhe vollkommen gleichgültig.

4534 Wir haben §. 4531 gesehen, daß manche Thiere, in denen bestimmte Stücke des kleinen Gehirns verletzt worden, eine gewisse Neigung rückwärts zu gehen verrathen. Einzelne Forscher glaubten bemerkt zu haben, daß Zwangsbewegungen, die nach vorn oder nach unten gerichtet sind, anderen Eingriffen nachfolgen.

Hatten Purkinje und Krauss[3]) die Brückengegend der Vögel der Quere nach eingeschnitten, so flogen die Thiere immer in einer nach vorn gehenden Richtung. Sie bogen ihren Schnabel nach unten, so wie sie herunterstürzten. War dagegen die Mitte der Brücke der Länge nach getrennt, so gingen alle Bewegungen gerade nach unten. Standen die Vögel ruhig, so warfen sie ihren Kopf plötzlich nach abwärts und ließen ihn dann wieder langsam in die Höhe gehen.

4535 Als Magendie[4]) die beiden gestreiften Körper in Kaninchen gänz-

[1]) Schiff, De vi motoria etc. p. 22. 23. u. a. a. O. S. 682.
[2]) Hertwig, a. a. O. p. 7. Schiff, De vi motoria. p. 1.
[3]) Krauss, a. a. O. p. 43.
[4]) Magendie, Précis p. 144. u. Vorlesungen. S. 162 u. 182.

lich entfernt, schossen die Thiere, wie durch eine innere Gewalt getrieben, gerade nach vorn, bis sie einem festen Widerstande begegneten. Die bloße Ausrottung der grauen Masse der Streifenhügel führte jedoch nicht zu diesen Sturmbewegungen. Es sollten sich nach ihm zwei Gegenkräfte im Gehirn das Gleichgewicht halten. Die Zerstörung des kleinen Gehirns beseitige den Widerstand, auf den das ausschließliche Rückwärtsgehen in dem unversehrten Körper stößt, und die Wegnahme der Streifenhügel die Hindernisse, die dem ungezügelten Vorwärtsschießen entgegenstehen. Hat man dagegen nur einen gestreiften Körper beseitigt, so erleiden die Bewegungen des Thieres keine durchgreifende Störungen.

Diese Auffassungsweise ist von mehreren neueren Forschern mit Recht 4536
bestritten worden. Es kommt häufig vor, daß Kaninchen, die ganz andere Verletzungen erlitten haben, vorwärts schießen, bis sie an ein Hinderniß mit Gewalt anstoßen, und dessenungeachtet nicht selten dieselbe Bewegungsweise bei nächster Gelegenheit zu wiederholen suchen. Hat man die Thiere plötzlich geblendet, wurden ein senkrechter Längenschnitt an der Innenseite der einen Halbkugel des großen Gehirns durchgeführt oder die Vierhügel verletzt, so können schon die gleichen Erscheinungen auftreten. Man bemerkte sogar etwas Aehnliches bisweilen, so wie man nur die Hautdecken des Schädels gespalten hatte. Die Bewegungen fehlen aber häufig, so wie man die beiden Streifenhügel vorsichtig abträgt und hierbei weder die Sehnerven noch die dreigetheilten Nerven oder andere empfindliche Gebilde angreift. Die Thiere verrathen dann eine auffallende Gleichgültigkeit gegen äußere Eindrücke mäßigen Grades. Sie beantworten aber zugleich äußere oder innere heftigere Reize auf eine ungewöhnlich kräftige und zum Theil ungeregelte Weise. Dieser Umstand, auf den wir sogleich zurückkommen werden, bedingt es, daß sie rasch vorwärts schießen, an Hindernissen heftig anstoßen oder Sprünge machen, wie man sie in gesunden Geschöpfen nur ausnahmsweise wahrnimmt.

Manche andere Bewegungsstörungen treten seltener oder unbeständi- 4537
ger hervor. Hierher gehören z. B. ein eigenthümliches Scharren und Reiben der Vorderbeine, welches Katzen und zum Theil auch Kaninchen nach der Abtragung der über den Seitenhöhlen liegenden Massen der Großhirnhalbkugeln darboten [1]), die an die Stellung lauernder Thiere erinnernde Haltung, welche Kaninchen nach Verletzungen der Halbkugeln und der Streifenhügel bisweilen annehmen, die Steifheit der Vorderbeine, an der dieselben Thiere nach der möglichst gleichartigen Durchschneidung der beiden Sehhügel leiden [2]), die Leck- und Kaubewegungen, welche Kaninchen nach einzelnen nicht ganz symmetrischen Theilungen ihres großen Gehirns liefern und die Aufregung in den Bewegungen, die sie nach der Längentheilung des Bodens der dritten Hirnhöhle darbieten [3]).

Die Drehbewegungen, welche beständiger vorkommen, wechseln bis- 4538

[1]) J. Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt a. M. 1842. 8. Seite 87.
[2]) Schiff, in Roser u. Wunderlich's Vierteljahrsshrift a. a. O. S. 671. 72.
[3]) Schiff, Ebendaselbst. S. 675.

weilen mit Verschiedenheit der Zeiten, die nach der Verletzung der Hirntheile verstrichen sind. Manche dieser Erscheinungen bilden die bloße Folge von Nebenverhältnissen, wie z. B. von Blutergüssen, welche andere Hirntheile nach und nach beeinträchtigen, oder von krankhaften Störungen und hierdurch verursachten Lähmungen, die dem Tode vorangehen. Es kann sich jedoch ereignen, daß Veränderungen der Art in den ersten Augenblicken, die nach dem Eingriffe verstrichen, hervortreten. Schiff [1]) bemerkte z. B., daß zwei bis vier den späteren Drehbewegungen entgegengesetzte Reitbahndrehungen sogleich nach der Trennung des einen Großhirnschenkels oder des einen Sehhügels zu Stande kamen.

4539 Viele Verletzungen des großen oder des kleinen Gehirns, die keine stürmischeren Zwangsbewegungen zur Folge haben, bewirken wenigstens, daß die Thiere zittern, die gewöhnlichen Bewegungsarten unsicher und schwankend vollführen, leichter aufschrecken und zu Reflexbewegungen eher verleitet werden. Eine eigenthümliche Erscheinung, die nach den meisten Hirnwunden wiederkehrt, besteht darin, daß sich die Stärke der Bewegungen mit der Zeit ihrer Dauer sichtlich steigert. Ein Kaninchen, dem die Streifenhügel abgetragen worden, sitzt im Anfange ruhig. Stößt man es, so geht es langsam vorwärts. Seine Bewegungen werden aber dabei immer lebhafter und ein kräftiger Sprung folgt nicht selten binnen Kurzem nach. Mann kann in gleicher Weise häufig bemerken, daß die Reitbahndrehungen mit der Zeit schneller und kräftiger werden. Es scheint sogar, daß sie bisweilen dabei in Halbmesserdrehungen in Vögeln übergehen.

Menschen, die an Hirnkrankheiten leiden, bieten manche offenbar verwandte Erscheinungen dar. Das plötzliche Aufschrecken, das Sehnenhüpfen, die unwillkührlichen Bewegungen der Hände, die Kaubewegungen, das Murmeln, das durchdringende Geschrei, das wir hin und wieder in solchen Fällen beobachten, gehören wahrscheinlich zu einem großen Theile hierher. Ein Wahnsinniger, der ein Wort oft wiederholt, spricht es häufig mit um so größerer Heftigkeit aus und hängt gleichsam um so inniger an dem einmal aufgefaßten Gedanken, je länger er sich damit beschäftigt, bis endlich die Ermattung die fernere Aufregung unmöglich macht.

4540 Thiere, denen man z. B. den einen Sehhügel durchschnitten hat, können die Neigung zu Drehbewegungen Tage lang beibehalten. Es kommt sogar hierbei hin und wieder vor, daß ein krankhafter Bewegungssturm, der der Drehung nachfolgt, das Leben beschließt. Es ereignet sich dagegen nach manchen, nicht unbedeutenden Verletzungen z. B. des kleinen Gehirns, daß die Bewegungen im Lauf der Zeit an Kraft und an Regelmäßigkeit gewinnen, ohne daß die ursprünglich angelegte Hirnwunde unterdeß zusammengeheilt und selbst nur durch Narbenfasern ausgeglichen ist. Der Gang einer Katze z. B., der Hertwig [2]) einen senkrechten Längenschnitt in jeder der beiden Halbkugeln des kleinen Gehirns beigebracht hatte (§. 4528), und welche noch 10 Tage fortlebte, wurde von Tag zu Tag sicherer.

Es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, die Verhältnisse, welche die Zwangsbewegungen ursprünglich bedingen, mit Bestimmtheit anzugeben. Wir dürfen nämlich von

[1]) Hertwig, a. a. O. p. 17.

vorn herein nicht aus den Augen verlieren, daß manche Verletzungen, welche die Hirnmasse nicht unmittelbar treffen, ähnliche Erscheinungen zur Folge haben können. Wir haben schon §. 4536 gesehen, daß plötzlich geblendete oder selbst nur an ihrer Haut verwundete Kaninchen rasch vorschießen oder die lebhaftesten und ungeregeltsten Sprünge machen. Hat man den Inhalt eines Augapfels entleert, so können Drehbewegungen zum Vorschein kommen. Tauben, denen Flourens [1]) den wagerechten halbcirkelförmigen Kanal des Gehörlabyrinthes durchschnitten hatte, bewegten ihren Kopf fortwährend von einer Seite zur andern mit sehr großer Schnelligkeit. Wollte das Thier vorwärts gehen, so wurde das Schütteln heftiger. Die Taube verlor daher auch bald das Gleichgewicht. Das schnelle Gehen oder das Fliegen wurden auf diese Weise unmöglich gemacht. Drehbewegungen des ganzen Körpers gesellten sich häufig hinzu. War der obere oder der untere halbcirkelförmige Kanal durchschnitten worden, so bewegte sich der Kopf in senkrechter Richtung. Diese Schwankungen fielen weit stärker aus, wenn man jene Theile des inneren Ohres an beiden, als wenn man sie nur an einer Seite durchschnitten hatte [2]). Kaninchen boten die gleichen Erscheinungen, wenn auch in geringerem Maaße dar [3]). Künftige Erfahrungen werden noch entscheiden müssen, ob die Thätigkeit einzelner Hirntheile mittelbar oder unmittelbar in diesen Versuchen gelitten hatte.

Es muß noch dahingestellt bleiben, weshalb die Verletzungen einzelner Theile des Auges oder des Ohres Drehbewegungen nach sich ziehen, ob dieses auf psychologischen Verhältnissen beruht, ob die Fortsetzungen der durchschnittenen Nerven im Innern des Gehirns die Gleichgewichtsstörungen hervorrufen oder ob peripherische Eindrücke dem Ganzen zum Grunde liegen. Es ist jedenfalls auffallend, daß sich das Schütteln des Kopfes nach Flourens erhält, wenn selbst die Wunden längst verheilt und die entsprechenden halbcirkelförmigen Kanäle aus diesem Grund verstopft sind. Menschen, in denen diese Gebilde unwegsam waren, haben ähnliche Zeichen, so viel mir bekannt ist, nie dargeboten. Ich vermißte sie auch in einer Taube, der ich das linke innere Gehörorgan von außen her ohne Oeffnung des Schädels abgetragen hatte und die noch später 3½ Monate am Leben blieb.

Was die Drehungen, die unmittelbare Gehirnverletzungen begleiten, betrifft, so kann man für jetzt nur so viel behaupten, daß eine vollständige halbseitige Lähmung in Folge dieser Eingriffe nicht auftritt und daß sich oft auffallendere Abweichungen erst dann, wenn die Thiere sich bewegen wollen, kund geben. Einzelne Muskelgruppen gewinnen aber in diesem Augenblicke über andere das Uebergewicht. Die Vorderfüße stellen sich z. B. schief nach der der Drehung entgegengesetzten Seite, während der Hals nach der Richtung der Wendung gebogen wird. Es erzeugt sich dann eine Kreisbewegung unter denselben Verhältnissen, unter denen der Wille des gesunden Thieres eine geradlinigte Ortsveränderung zu Stande bringt. Die Halbmesserdrehung scheint aus der Reitbahndrehung hervorzugehen, so wie zugleich die Thätigkeit des entgegengesetzten Hinterfußes in Folge der Hirnverletzung wesentlich gestört wird [4]). Die Längsdrehung hängt nicht sowohl von dem Einflusse der Beine, als von den Verkrümmungen der Wirbelsäule, vorzüglich der vorderen Gegend derselben und zum Theil des Nackens ab [5]). Da sie auch an Thieren, die hoch oben enthauptet worden sind, vorkommt, so erhellt, daß die Anwesenheit des Kopfes kein nothwendiges Bedingungsglied dieser Bewegungsweise bildet. Hat man die Beine zusammengebunden, so fällt sie schwächer aus. Sie wird aber durch dieses Mittel nicht gänzlich aufgehoben.

Vierhügel. — Wir haben schon §. 4429 bemerkt, daß sich die Sehlöcher beider Augen nach der Reizung der einen Seitenhälfte der Vierhügel verkleinern können. Rottet man diese Theile aus, so überzeugt man sich, daß hier ursprünglich Kreuzungswirkungen auftreten und daß die Bewegung der beiden Regenbogenhäute zu den Mittheilungserscheinungen 4541

---

[1]) Flourens, a. a. O. pag. 446.
[2]) Flourens, a. a. O. pag. 464.
[3]) Flourens, a. a. O. pag. 480.
[4]) Schiff, a. a. O. S. 681. 82.
[5]) Schiff, De vi motoria. pag. 51.

gehört. Hat man z. B. die rechte Hälfte der Vierhügel in einem Hunde abgetragen, so ist das linke Auge erblindet. Die Iris bleibt in der Regel unbeweglich, so wie die Menge des einfallenden Lichtes wechselt. Es ist jedoch vorgekommen, daß z. B. die Regenbogenhäute einer Henne, welche durch Entfernung der Vierhügel gänzlich geblendet worden, ihr Spiel nicht vollkommen verloren hatten [1]).

Die einseitige Blindheit, welche die Ausrottung der einen Seitenhälfte der Vierhügel nach sich zieht, kann schon die Drehbewegungen der auf diese Art verstümmelten Thiere begreiflich machen. Die Lähmung des Sehvermögens und die Thätigkeitsstörungen der Regenbogenhaut lassen sich daraus erklären, daß die Fasern der gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven und wahrscheinlich die zum directen Sehen nöthigen Fasern der Sehnerven mit den Vierhügeln in Verbindung stehen. Diese Gebilde müssen aber auch noch anderen Zwecken dienen, weil einzelne Thiere, deren Augen verkümmert sind, wie z. B. der Maulwurf, nichts desto weniger beträchtlich entwickelte Vierhügel besitzen.

Hat man die Halbkugeln des großen Gehirns abgetragen, die Sehnerven und deren Fortsetzungen dagegen geschont, so hat zwar das Thier die Fähigkeit verloren, die Gesichtseindrücke geistig aufzufassen. Es ist aber nach Longet die Empfänglichkeit für die Wirkungen des Lichtes nicht immer verloren gegangen. Es können in solchen Fällen Bewegungen, die das gesunde, mit seinem vollen Willen ausgerüstete und geistig berechnende Geschöpf nicht darbietet, vorkommen. Hatte Longet [2]) eine Taube auf die oben erwähnte Weise verstümmelt und drehte er eine brennende Kerze vor dem einen Auge des Thieres im Kreise herum, so folgte der Kopf in einer entsprechenden Bogenbewegung nach. Diese Erscheinung muß aber mit gewissen, noch nicht näher bekannten Nebenverhältnissen zusammenhängen. Ich hatte z. B. die Großhirnmasse eines Huhnes bis zur Gegend der Sehlöcher der Schädelgrundfläche entfernt. Die spätere Leichenöffnung ergab, daß nur ein sehr kleines Stück des untersten Theiles der linken Großhirnhalbkugel zurückgelassen und daß die Sehnerven und die Centralgebilde, in welche sie ausstrahlen, vollkommen unversehrt geblieben waren. Das Thier zeigte alle §. 4548 erwähnten Merkmale geistigen Stumpfsinnes. Es schloß häufig das rechte Auge, während das linke offen blieb. Brachte ich es in einen dunkelen Raum und näherte ihm eine brennende Kerze, so verkleinerte sich das Sehloch sehr rasch. Es erweiterte sich eben so schnell nach der Entfernung des Lichtes. Mochte ich aber die Kerze noch so oft drehen, so hielt das Thier den Kopf immer ruhig. Es kümmerte sich nicht im Geringsten um die Bewegungen der Lichtflamme.

Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, eine nur irgend wahrscheinliche Vermuthung über die Thätigkeit der Zirbeldrüse aufzustellen. Der Gedanke von Descartes, daß die geistigen Anregungen von hier aus in die Seitenhöhlen des Gehirns strahlen, und die Ansicht, daß die Zirbel die sylvische Wasserleitung wie ein Ventil beherrscht, gehören nur noch der Geschichte an.

4542 Kleines Gehirn. — Die Beziehungen zu gewissen Bewegungsverhältnissen treten hier am Deutlichsten hervor. Trägt man das kleine Gehirn eines Säugethieres oder eines Vogels scheibenweise ab, so werden im Anfange die Gangbewegungen um so unsicherer, je weiter man in die Tiefe vordringt. Säugethiere schwanken, als wenn sie betrunken wären. Vögel spreizen zunächst ihre Beine aus und fliegen oft auf eine eben so eigenthümliche, als ungeschickte Weise. Hat man den größten Theil oder das ganze kleine Gehirn entfernt, so kann zwar das Thier noch über die Muskeln seiner Glieder gebieten und alle Sinneseindrücke auffassen. Es ist aber nicht im Stande, gewisse zusammenhängende Bewe-

[1]) Hertwig, a. a. O. p. 19. 20.
[2]) Longet, a. a. O. Tome I. pag. 471.

gungen zu vollführen. Es kann sich nicht gehörig und sicher auf den Beinen erhalten, viel weniger gehen oder laufen. Ist es hingestreckt, so macht es häufig alle möglichen Anstrengungen, um sich aufzurichten, ohne daß es zum Ziele gelangt. Es sucht einem Schlage, der es zu treffen droht, auszuweichen, verfällt aber hierbei oft in unpassende und unzusammenhängende Bewegungen. Legt man es auf den Rücken, so quält es sich in den unzweckmäßigsten Bemühungen, auf die Beine zu kommen, ab. Vögel flattern mit den Flügeln, werfen sich auf die mannigfachste Weise herum, stoßen gegen den Boden mit den verschiedensten Körpertheilen, ohne daß sie zu einer befriedigenden Flugbewegung gelangen. Es ist die Fähigkeit, gewisse zusammengesetztere Ortsveränderungen, die sonst dem Thiere geläufig waren, zu vollführen verloren gegangen. Das Bemühen, diese zu Stande zu bringen, führt zu Einzelanstrengungen, denen der geregelte Zusammenhang fehlt und die auch aus diesem Grunde ihr Hauptziel verfehlen.

Flourens [1]), der zuerst auf diese leicht zu bestättigenden Thatsachen aufmerksam machte, schloß aus ihnen, daß das kleine Gehirn den zweckmäßigen Ordner der Körperbewegungen bildet. Es ergiebt sich von selbst, daß dieser Ausdruck jenen räthselhaften Einfluß, den das kleinere Gehirn auf die Bewegungen ausübt, nicht erklärt. Bemühen wir uns, die Thatsachen genauer zu verfolgen, so haben wir schon früher gesehen, daß das Rückenmark allein gewisse zweckmäßige Verbindungen der Beuger und der Strecker, der Anzieher und der Abzieher der Glieder herzustellen im Stande ist. Die Anwesenheit dieses Theiles des Nervensystemes und des verlängerten Markes genügen, damit der Herzschlag, die Athem- und die Schluckbewegungen fortdauern. Das große Gehirn eines Geschöpfes, dem das kleine Gehirn genommen worden, vermag anderseits Sinneseindrücke aufzufassen und passende Willensbefehle auszutheilen. Können aber die zusammengesetzteren Bewegungen des Gehens und des Fliegens nicht mehr vollbracht werden, so frägt es sich, ob die Ursache dieses Fehlers in der Unmöglichkeit der gehörigen Verbindung aller noch vollführbaren Bewegungen liegt, oder ob vielleicht die Abtragung des kleinen Gehirns gewisse mechanische Grundbedingungen, die das Gehen und das Fliegen voraussetzen und die ursprünglich auf den Verhältnissen des Kopfes und der Wirbelsäule fußen, aufhebt. Die früher erwähnten Folgen der einseitigen Durchschneidung des kleinen Gehirns dürften diese mechanische Auffassungsweise eher, als die Flourens'sche Annahme unterstützen. Es läßt sich nach ihr ebenfalls begreifen, weshalb ein Thier, dem das kleine Gehirn genommen worden, vergebliche Anstrengungen macht, um sich gehörig aufzurichten oder einem ihm drohenden Streiche auszuweichen. Erinnern wir uns, daß eine gewisse erhöhte Empfänglichkeit, eine beharrlichere Wiederholung der erschwerten und nutzlosen Bewegungen vielen Verletzungen des Gehirns nachfolgt, so kann es nicht befremden, daß die Thiere, welche auf die erwähnte Weise verstümmelt werden, ihre Anstrengungen immer von Neuem anfangen, ohne daß sie zu dem beabsichtigten Ziele gelangen.

Willis [2]) hatte die Meinung aufgestellt, daß das kleine Gehirn 4543
die unbewußten und unwillkührlichen Thätigkeiten des Herzschlages, der Verdauung und der Einsaugung beherrscht. Die früher erwähnten Thatsachen weisen diese Ansicht entschieden zurück. Dasselbe gilt von der Behauptung, daß die Sprachwerkzeuge von jenem Hirntheile vorzugsweise abhängen, daß die Krankheiten desselben eine erhöhte Empfindlichkeit noth-

[1]) Flourens, a. a. O. p. 37 — 43. 53. 54. 133 — 141.
[2]) Th. Willis, Opera medica et physica. Lugdani 1676. 4. p. 318.

wendiger Weise zur Folge haben oder daß gewisse geistige Thätigkeiten, wie z. B. das Gedächtniß in jedem Falle leiden müssen.

Gall, Serres und zum Theil Budge [1]) bemühten sich nachzuweisen, daß das kleine Gehirn die Verhältnisse der Geschlechtswerkzeuge in hohem Grade bestimmt. Es sind aber häufig Fälle vorgekommen, in denen das kleine Gehirn zerstört war, ohne daß sich eine krankhafte Steifung des Gliedes, unwillkührliche Samenergüsse, übertriebene Geschlechtsbegierde oder ähnliche Zeichen hinzugesellten. Die Versuche, nach denen Bewegungen der Samenleiter, der Eiröhren oder der Gebärmutter von dem kleinen Gehirn aus angeregt wurden, können für jene Auffassungsweise nicht zeugen, weil auch andere Hirngebilde die gleichen Ergebnisse bedingen und das kleine Gehirn selbst die übrigen Eingeweide eben so gut in Thätigkeit zu setzen im Stande ist. Hat man auch die Hälfte von diesem in einem Hahne entfernt, so kann das Thier doch noch nach Flourens [2]) den Beischlaf versuchen. Die Bewegungsstörungen hindern es aber, zum Ziele zu gelangen. Wallache besitzen ein eben so umfangreiches Gehirn, als Hengste.

4544 Großes Gehirn. — Wir wollen hier zuvörderst nur die durch Thierversuche gewonnenen Ergebnisse ins Auge fassen und dann dasjenige, was sich über das menschliche Gehirn sagen läßt, an diese Betrachtungen anreihen.

Hat man die eine Halbkugel des großen Gehirns eines Vogels ihrer ganzen Ausdehnung nach gespalten, so erhält man nach Flourens [3]) die gleichen Erscheinungen, als wenn der größte Theil jener Nervenmasse abgetragen worden wäre. Die Leidenszeichen erhalten sich in jedem Falle so lange, als das Gehirn in Folge der Verletzung angeschwollen und überhaupt in ausgedehnterem Maaße erkrankt ist. Hat aber das Thier diese Zeit glücklich überstanden, so stößt man auf einen wesentlichen Unterschied, je nachdem der Schnitt, der die Halbkugel theilte, der Länge oder der Quere nach ging. Die Lähmungserscheinungen verlieren sich nach Flourens und Hertwig in dem ersteren, sie erhalten sich dagegen in dem letzteren Falle.

Hatte Flourens die rechte Großhirnhemisphäre einer Henne der Länge nach gespalten, so erblindete das Thier auf dem linken Auge, behielt aber seine Empfänglichkeit für Sinneseindrücke und seine geistigen Fähigkeiten bei. Das Gesicht stellte sich nach acht Tagen auf der linken Seite von Neuem her. Wurde jetzt die linke Halbkugel des großen Gehirns abgetragen, so verlor das rechte Auge sein Sehvermögen. Die gespaltene rechte Halbkugel vermittelte aber noch die geistigen Thätigkeiten [4]).

Flourens trennte die rechte Großhirnhalbkugel einer anderen Henne der Quere und die linke der Länge nach. Die geistige Auffassung war zuerst vollständig aufgehoben. Sie machte sich aber eine Woche später wiederum geltend. Das rechte Auge gewann seine Gesichtskraft, während das linke noch nach sechs Monaten erblindet blieb [5]).

---

[1]) Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Heft. 1. S. 172.
[2]) Flourens, a. a. O. pag. 163.
[3]) Flourens, a. a. O. p. 104 — 108 u. 150 — 152. Hertwig, a. a. O. p. 12.
[4]) Flourens, a. a. O. p. 151. 52.
[5]) Flourens, a. a. O. p. 104. 105.

Ein Hahn, dessen beide Großhirnhemisphären der Quere nach gespalten worden waren, hatte seine geistigen Fähigkeiten einige Monate später noch nicht wieder erhalten [1]).

Schneidet man eine Schicht der grauen Masse einer Halbkugel z. B. 4545
eines Hundes der Quere nach hinweg, so bemerkt man höchstens einige Schwäche in den Gliedern der entgegengesetzten Seite [2]). Trägt man dagegen das Ganze bis zu dem Dache der Seitenhöhle ab, so erblindet angeblich das Auge der gegenüberstehenden Körperhälfte, während die Regenbogenhaut ihre Beweglichkeit beibehält. Die Muskeln der entgegengesetzten Seite scheinen oft im Anfange geschwächt zu sein. Sie können jedoch in der Folge ihre Kraft wiedererhalten. Drehbewegungen gesellen sich bisweilen in der ersten Zeit hinzu. Das Thier behält aber noch seine geistigen Fähigkeiten, geht oder fliegt und nimmt von selbst das ihm dargebotene Futter. Es schrickt bisweilen leicht auf, zittert am ganzen Körper und scharrt nicht selten auf eigenthümliche Weise mit den Vorderbeinen [3]). Wird die eine Halbkugel des großen Gehirns vollkommen entfernt, so erhält man im Wesentlichen die oben erwähnten Ergebnisse, nur in verstärktem Maaße.

Hatte z. B. Hertwig [4]) die rechte Halbkugel eines Hundes gänz- 4546
lich, die linke dagegen bis zu dem Dache der Seitenhöhle abgetragen, so hatte das Thier einen großen Theil seiner geistigen Fähigkeiten eingebüßt. Es lag regungslos und wie schlafend da, und ging nicht von selbst vorwärts. Stieß man es fort, so machte es einige Schritte, sank dann hin und verfiel von Neuem in Schlafsucht. Es lag meistentheils auf der linken Seite. Wendete man es auf die rechte Seite oder auf den Rücken, so stellten sich Krampfbewegungen ein, bis es wiederum die rechte Seite zur Unterlage gewonnen hatte. Gesichts- und Gehöreindrücke gingen an ihm unbemerkt vorüber.

Nimmt man die beiden Halbkugeln in einem Säugethier oder Vogel 4547
schichtenweise hinweg, so verlieren sich die geistigen Thätigkeiten für immer, so wie eine gewisse Masse jener Hirntheile abgetragen worden. Hat man z. B. einen lebhaften Hund auf diese Art verstümmelt, so liegt er wie schlafend da, sieht und riecht Nichts und achtet auch nicht mehr auf lebhafte Schalleindrücke, die sein Ohr treffen. Er läuft im Anfange nicht von selbst, macht aber einige Schritte, so wie man ihn vorwärts stößt. Er nimmt die vorgesetzte Nahrung nicht zu sich, verschluckt sie jedoch, wenn man sie ihm in den Rachen einführt. Die Regenbogenhäute haben ihre Beweglichkeit beibehalten. Hauteindrücke können Reflexbewegungen und selbst Stimmtöne hervorrufen. Bleibt das Thier längere Zeit am Leben, so ereignet es sich bisweilen, daß sich sein Zustand, in mancher Hinsicht wenigstens, scheinbar bessert. Es macht dann bisweilen einige Schritte von selbst, springt hin und wieder und stößt dabei nicht selten an feste Körper an, so daß ihm der hierdurch verursachte Schmerz laute

[1]) Flourens, a. a. O. p. 107.
[2]) Hertwig, a. a. O. pag. 6.
[3]) Budge, a. a. O. Heft I. S. 86 — 90.
[4]) Hertwig, a. a. O. pag. 7. 8.

Stimmtöne entlockt. Sind nur die Theile, welche oberhalb der Seitenhöhlen liegen, abgetragen worden, so findet man hin und wieder, daß die Sinneseindrücke, die früher unbemerkt vorübergingen, in der Folge eher aufgefaßt werden.

4548 Hühner oder Tauben, denen man die beiden Halbkugeln des großen Gehirns genommen hat, zeigen denselben Stumpfsinn, wie Säugethiere. Sie bleiben stehen, so wie man sie auf die Füße stellt. Legt man sie auf den Bauch, so ändern einzelne Thiere diese Stellung zunächst nicht von selbst. Andere dagegen erheben sich sogleich. Die Bewegungen, welche sie zu diesem Zwecke machen, sind oft schwerfällig. Sie schlagen mit den Flügeln, schwanken im ersten Augenblicke, regen Anfangs nur das eine Bein und lassen dieses weniger leicht, als gesunde Thiere auf den Boden fallen. Stehen sie endlich, so ist es ihnen oft gleichgültig, ob sich beide Beine in gehöriger Nähe befinden oder ob sie zu sehr ausgespreizt sind. Sie kümmern sich nicht um das, was in ihrer Nähe vorgeht, verbergen bisweilen ihren Kopf unter einem ihrer Flügel, wie dieses schlafende Vögel zu thun pflegen, schrecken, wenn man sie reizt, für den Augenblick auf und öffnen die meistens geschlossenen Augen, verfallen aber von Neuem in Schlafsucht. Es kommt in der Folge vor, daß sie ihren Kopf oder ihre Flügel von selbst bewegen und diese mit ihrem Schnabel putzen, sich hin und wieder kratzen, ihre Stellung ändern, selbst ohne Weiteres hin und her laufen, hierbei aber den ihnen begegnenden Hindernissen nicht auszuweichen verstehen. Setzt man ihnen Nahrung vor oder stellt man sie in ein mit Wasser gefülltes Becken, so nehmen sie doch Nichts von selbst zu sich. Man muß daher Thiere der Art künstlich füttern, indem man ihnen die Speisen in den Rachen stößt und Getränke auf irgend eine Weise einführt (§. 4515.). Sie verschlucken übrigens hierbei Steine eben so gut, als nahrhafte Verbindungen. Man kann sie auf diese Art mehrere Monate und selbst länger als ein Jahr am Leben erhalten. Sie nehmen dabei nicht selten an Fett zu, erlangen aber ihre geistigen Kräfte nicht wieder. Mögen sie auch noch so oft an nahe liegenden Körpern anstoßen, so lernen sie es doch nicht, sie gehörig und in allen Fällen zu vermeiden, oder eine Vorsicht irgend einer Art anzuwenden. Sie achten nicht mehr auf Thiere der gleichen Gattung, berücksichtigen nicht die Liebesbezeugungen der Männchen und scheinen den Trieb zur Geschlechtsthätigkeit verloren zu haben. Wird ein solches verstümmeltes Geschöpf von Anderen angegriffen, so fehlt die zur Wehr nothwendige Besinnung. Es unterliegt daher in solchen Fällen mit Leichtigkeit.

Die Entfernung der Halbkugeln des großen Gehirns beseitigt manche Eigenthümlichkeiten, die sonst in hohem Grade hervortreten. Die wüthendste Katze beruhigt sich nach jenem Eingriffe. Der Hund kennt und beschnüffelt nicht mehr seinen Herrn, bellt oder beißt nicht mehr, so wie ihm ein Fremder nahe kommt. Der Maulwurf wittert nicht mehr und vergräbt sich nicht in der Erde. Das Eichhörnchen verliert seine Lebhaftigkeit und Beweglichkeit.

Hühner, deren Kropf gefüllt ist, erbrechen sich leicht nach der Ausrottung ihrer Großhirnmassen. Sie können sogar hierdurch an Erstickung zu Grunde gehen. Flou-

rens [1]) fand überhaupt, daß Thiere, die lange gehungert haben, oder deren Magen mit Speisen überfüllt ist, jenem Eingriffe binnen Kurzem zu unterliegen pflegen. Das Hungern sichert jedoch nicht immer vor einem unglücklichen Ausgange der Operation. Es ist mir eine Henne, die vorher nichts bekommen hatte, am dritten Tage zu Grunde gegangen.

Beispiele, in denen Tauben oder Hühner viele Monate lang nach der Ausrottung der Großhirnhalbkugeln durch künstliche Fütterung erhalten wurden, finden sich bei Flourens, a. a. O. pag. 10 u. p. 87. Malcorps, in Magendie Vorlesungen. S. 140. 41. und R. Wagner, Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. S. 542. 43.

So tief auch die Zerstörung der Halbkugeln des großen Gehirns 4549
die höheren Lebensäußerungen erschüttert, so wenig stört sie im Ganzen die Verhältnisse der Bewegungswerkzeuge. Man bemerkt häufig keine Spur von Verzerrung oder von anhaltender Verkürzung einzelner Muskeln. Vögel bleiben sogar bisweilen eine Zeit lang auf einem Beine stehen ohne das Gleichgewicht zu verlieren. Man sieht höchstens untergeordnete Unregelmäßigkeiten bei dem Fliegen, das auch häufig minder lange, als sonst ausgehalten wird. Die Athembewegungen verfolgen ihren gewöhnlichen Gang. Sie scheinen sich bisweilen zu verlangsamen, nehmen aber auch in Folge äußerer Eingriffe an Schnelligkeit zu

Wir haben früher (§. 4547) angeführt, daß die enthirnten Geschöpfe 4550
den Gebrauch ihrer höheren Sinne verloren haben. Dieses gilt jedoch nur von der geistigen Verarbeitung, nicht aber von der unmittelbaren Auffassung eines Sinneseindruckes. Eine Taube oder ein Huhn, dem die Großhirnhalbkugeln bis auf die Sehlappen genommen worden, verengert noch ihr Sehloch im Hellen. Sie kann noch nach Longet [2]) den Bewegungen einer Kerze mit dem Kopfe mechanisch nachfolgen (S. 556). Feuerte man ein Pistol in ihrer Nähe ab, so ereignete es sich, daß sie die Augen öffnete, den Hals streckte, den Kopf in die Höhe hob, sogleich aber wieder in die alte Schlafsucht zurückkehrte. Enthirnte Kaninchen pflegen feinere Riechstoffe nicht zu bemerken. Hält man ihnen aber kaustischen Salmiakgeist vor die Nase, so kann es sich ereignen, daß sie den Kopf lebhaft wegwenden und die Nase mit den Vorderbeinen reiben. Goß Longet [3]) eine starke Coloquinthenabkochung in den Rachen von jungen Hunden oder Katzen, denen er vorher die Großhirnlappen ausgerottet hatte, so machten sie heftige Kaubewegungen, wie es gesunde Thiere in dem gleichen Falle zu thun pflegen. Wir sehen hieraus, daß die Sinneseindrücke unter den geeigneten Verhältnissen keineswegs verloren gehen, daß sie sogar gewisse Gegenbewegungen hervorrufen, daß sie aber entweder gar nicht mit Bewußtsein aufgefaßt und verarbeitet oder wenigstens auf keine Weise für einige Zeit festgehalten werden.

Es kann vorkommen, daß enthirnte Tauben flüssige Stuhlgänge, 4551
vorzüglich im Anfange, entleeren und daß sich dieser Uebelstand in der Folge ausgleicht, daß sich ihr Oberschnabel später krümmt, und im Verhältniß zu dem Unterschnabel übermäßig verlängert.

---

[1]) Flourens, a. a. O. p. 127.
[2]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 648 — 650.
[3]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 514.

Die Gallenblase der S. 561 erwähnten Henne, welche drei Tage nach der Enthirnung zu Grunde ging, war mit grüner Galle strotzend gefüllt. Die Zwölffingerdarmschlinge zeigte an ihrer Oberfläche zahlreiche Gefäßverzweigungen, die dunkele Blutmassen einschlossen. Diese Erscheinung fehlte dagegen an allen übrigen Unterleibseingeweiden mit Ausnahme des mittleren Theiles des Eileiters. Die Cloake enthielt eine reichliche Menge von Koth, der äußerlich weiß, innerlich dagegen grasgrün gefärbt erschien. Die mikroskopische Untersuchung lehrte, daß die grüne Farbe nicht von Gallenstoffen, sondern von dem Chlorophyll der nicht verdauten Theile der genossenen grünen Erbsen herrührte. Die Masse enthielt nämlich viele Bruchstücke pflanzlicher Verholzungsgebilde und zahlreiche, theils leere, theils Blattgrün führende, gesonderte oder noch wechselseitig zusammenhängende Zellen.

4552 Saucerotte glaubte aus seinen an Hunden angestellten Versuchen schließen zu können, daß die vorderen Theile der Halbkugeln des großen Gehirns nur die Bewegungen der Hinterbeine und die hinteren die der Vorderfüße beherrschen. Serres bestättigte das Gleiche nach seinen an einem Hunde und einer Katze angestellten Beobachtungen. Longet [1]) gelangte in dieser Beziehung zu abweichenden Ergebnissen. Untersuchungen die ich an frisch getödteten Thieren anstellte, nöthigen mich ebenfalls, jener Auffassungsweise entgegenzutreten. Ich hatte z. B. eine vor wenigen Tagen geborene und noch blinde Katze mit Strychnin getödtet, und Herz und Lungen ausgeschnitten. Nachdem alle Athembewegungen verschwunden waren, trennte ich die Vorderlappen des großen Gehirns und die Streifenhügel scheibenweise los. Das Thier bewegte dabei die beiden Vorderfüße mit großer Lebhaftigkeit. Es zog zugleich die vorgefallene Zunge in die Mundhöhle zurück. Die Hinterbeine dagegen blieben vollkommen ruhig. Schnitt ich weitere Schichten von den Streifenhügeln und der Nachbarschaft derselben los, so wiederholten sich die Bewegungen der Vorderbeine noch zwei Mal. Ein zweites, gleich behandeltes Kätzchen lieferte dieselben Ergebnisse. Hatte ich die Großhirnhalbkugeln eines frisch getödteten Hundes entfernt und schnitt dann die Sehhügel durch, so bewegten sich die Hinterfüße auf das Lebhafteste. Schiff [2]), der seine Beobachtungen an lebenden Kaninchen anstellte, bemerkte hierbei, daß die Abtragung der Sehhügel eine gewisse Schwäche der Bewegungswerkzeuge nach sich zieht und daß diese in Vorderbeinen auffallender hervortrit. Sie haben dann die Fähigkeit, das nöthige labile Gleichgewicht im Augenblicke herzustellen, eingebüßt.

4553 Die Sehhügel besitzen im Ganzen einen bedeutenderen Einfluß auf die Bewegungswerkzeuge, als die Streifenhügel. Kaninchen, denen man die Halbkugeln des großen Gehirns bis zu dem Dache der Seitenhöhle abgetragen und hierauf die Streifenhügel ausgeschnitten hat, können dessen ungeachtet noch laufen und springen. Rottet man aber überdieß den rechten Sehhügel aus, so fällt das Thier nach Longet [3]) nach links um. Man würde irren, wenn man hieraus schließen wollte, daß die entgegengesetzte Körperhälfte vollständig gelähmt ist. Hatte z. B. Hertwig die rechte

[1]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 514.
[2]) Schiff, in Roser u. Wunderlich's Vierteljahrsschrift. Bd. V. S. 673.
[3]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 501.

Hälfte des großen Gehirns gänzlich abgetragen, so fiel der Hund auf die linke Seite. Er konnte von selbst nicht aufstehen. Wurde ihm aber aufgeholfen, so machte er seine nach rechts gerichteten Kreisbewegungen.

Wir haben schon §. 4431 gefunden, daß man die Gesichtsmuskeln 4554
der Kaninchen durch Reizung des Ammonshornes in glücklichen Fällen zur Verkürzung zwingt. Foville schloß aus seinen anatomischen Untersuchungen, daß jenes Hirngebilde die Zungenbewegungen leitet. Diese Ansicht ist bis jetzt auf physiologischem Wege noch nicht bewiesen worden.

Hatte ich eine lange und schmale Leiste aus dem Schädel von Ka- 4555
ninchen dicht neben dem oberen Längenblutleiter ausgeschnitten, ein Messer in die Längenfurche der beiden Großhirnhemisphären eingeführt und den Balken, die durchsichtige Scheidewand, das Gewölbe, die vordere Commissur und den Boden der dritten Hirnhöhle durchschnitten [1]), so rief diese Verletzung weder Schmerz noch Krämpfe hervor. Das Herz des Thieres schlug dann lebhaft und mühlradartig, eine Erscheinung, die auch noch während der gegen das Lebensende nicht selten eintretenden Schlafsucht bemerkt wurde. Störungen der Sinnesthätigkeiten konnten in keiner Weise mit Sicherheit nachgewiesen werden. Der Stumpfsinn, der nach der Ausrottung der Halbkugeln des großen Gehirns vorkommt, mangelte hier gänzlich. Die Thiere blieben aber oft lange Zeit ruhig sitzen, gingen, wenn man sie stieß oder Lärm in ihrer Nähe machte, einige Schritte vorwärts und verfielen dann wieder in ihre frühere Ruhe. Griff man sie an, so zeigten sie sich häufig auffallend lebhaft, leisteten kräftigen Widerstand, suchten zu kratzen und waren überhaupt reizbarer, als gesunde Geschöpfe. Es kam hin und wieder vor, daß ein schon in der Ferne vernehmbares Zähneknirschen bemerkt wurde.

Lebte das Kaninchen länger, als 24 Stunden, so stellte sich Durchfall ein. Die spätere Leichenöffnung lehrte, daß sich eine gelbliche Flüssigkeit zunächst in dem Zwölffingerdarme und dem Dünndarme und in der Folge auch in den übrigen Theilen des Nahrungskanales angesammelt hatte. Obgleich sich die Kaninchen sonst fast nie zu erbrechen pflegen, so ereignete es sich doch, daß einzelne jener operirten Thiere die Flüssigkeit, die in den Magen eingedrungen war, durch die Mundhöhle theilweise ausstießen.

Sehr schüchterne Kaninchen bieten schon einen raschen mühlradähnlichen Herzschlag dar, so wie man sie anfaßt oder sonst in Furcht setzt. Die Trennung der oben erwähnten Mitteltheile des großen Gehirns ändert daher hier zunächst die Verhältnisse in keiner auffallenden Weise. Jener heftige Doppelschlag, bei dem sich übrigens die Schnelligkeit auf Kosten der Kraft zu erhöhen scheint, erhält sich aber bis zum Tode, wenn selbst das Thier bewußtlos und halbseitig gelähmt daliegt. Hatte ich dagegen ruhigere Thiere, so ließ sich die Zunahme der Zahl der Herzschläge durch vergleichende Zählungen darthun. Ein Kaninchen bot z. B. 150 bis 155 in der Minute dar, als schon die Längenspalte in dem Schädel angebracht worden war. Prüfte ich aber die Verhältnisse sogleich nach der Balkendurchschneidung, so erhielt ich 200 bis 205. Diese Zahl behauptete sich fast unverändert bis zu dem drei Tage später eingetretenen Tode. Jener Eingriff erhöhte sogar die Menge der Herzschläge von 30 auf 105 in einem zweiten Falle.

[1]) Repertorium. Bd. VI. Bern 1841. 8. S. 359 — 66.

Es ereignet sich in diesen Versuchen häufig, daß das Messer die Mittellinie des Gehirns verfehlt und zu sehr seitwärts durchdringt. Hatte ich den Streifen- und Sehhügel der einen Seite verletzt, so schoß das Thier im ersten Augenblicke mit großer Gewalt nach vorn. Es verfiel dann in Reitbahndrehungen, deren Richtung der Verletzungshälfte gegenüberlag. Der Kopf wurde stark nach hinten gebogen, so daß er selbst den rechten Hinterschenkel berührte. Hatte sich das Thier beruhigt, so reichte ein äußerer Hautreiz hin, es aufzuschrecken und seine Drehungen von Neuem beginnen zu lassen. Diese krankhaft vergrößerte Empfänglichkeit erhöhte sich in der Folge. Die Drehungen gewannen an Lebhaftigkeit und hielten länger an. Opisthotonus oder halbseitige Lähmung, nicht selten auch Schleimrasseln gesellten sich in der Folge hinzu. Der Herzschlag wurde schwächer und zitternder. Die Reflexbewegungen nahmen endlich immer mehr ab, bis der Tod, und zwar meist nach einem Krampfanfalle eintrat.

Waren die Mittelgebilde des großen Gehirns dicht an der Innenseite der einen Großhirnhemisphäre durchschnitten worden, so traten die Drehbewegungen nicht von selbst hervor. Man bemerkte höchstens vielleicht eine geringe Verzerrung des Gesichtes und sonst keine bleibende Störung der Bewegungswerkzeuge. Wurde aber das Thier angefaßt, so drehte es sich mit einigen, bald aufhörenden Sätzen nach der der Verletzung entgegengesetzten Seite. Die Neigung zu Drehungen verrieth sich auch in den willkührlichen Bewegungen. Einzelne Anfälle von Krämpfen und halbseitige Lähmungen gesellten sich in der Folge hinzu. Schiff [1]) bemerkte ebenfalls, daß die Trennung der Mittelgebilde des großen Gehirns keine Drehbewegungen als unmittelbare Folgen nach sich zieht.

Man sieht leicht, daß die physiologischen Versuche noch nicht die geringste Andeutung liefern, zu welchem Zwecke Gebilde, wie die Commissuren, das Gewölbe, die durchsichtige Scheidewand, der Balken und überhaupt die meisten einzelnen Hirntheile vorhanden sind. Der Gedanke, daß der Hirnanhang das Kopfende des sympathischen Nerven bilde, wird zuvörderst durch die anatomischen Verhältnisse nicht gerechtfertigt. Er führt übrigens zu keinen scharfen und mit Sicherheit nachweisbaren physiologischen Folgerungen.

4556 Gehen wir zu den Verhältnissen des Menschenhirns über, so müssen wir von vorn herein bemerken, daß hier die sichere Grundlage der Forschung größtentheils mangelt. Die anatomischen Untersuchungen, die man an gesunden frischen Gehirnen angestellt hat, konnten weder die Bedeutung der einzelnen Hirntheile mit Bestimmtheit nachweisen, noch das unübersehbare Labyrinth der Nervenfasern und der Nervenkörper genügend entwirren. Die meisten Gebilde, die man als gesonderte Stücke des Thier- oder Menschengehirns unterscheidet, sind nur Unebenheiten der inneren oder der äußeren Oberfläche, die weder eine Thätigkeit ausschließlich beherrschen, noch einen in sich abgeschlossenen Einfluß irgend einer Art ausüben. Sie entsprechen höchstens gewissen Bezirken, deren Grenzen keineswegs genau abgesteckt sind. Sollte es dem menschlichen Geiste je gelingen, ersprießliche Fortschritte auf diesem Gebiete zu machen, so wird man die bisherige Anschauungsweise nach und nach aufgeben und die ganze centrale Nervenmasse als eine Verbindung von Kettengliedern ansehen müssen, die auf das Dichteste beisammen liegen, auf das Innigste verflochten sind und nur in seltenen Fällen durch die äußere Form angedeutet werden. Wäre es überhaupt möglich, diese Einsicht je zu erlangen, so könnten nur die anhaltendsten mikroskopischen Untersuchungen, wie sie von Stilling [2]) für die Brückengegend versucht worden, nicht aber

[1]) Schiff, a. a. O. S. 675.

[2]) B. Stilling, Untersuchungen über den Bau des Hirnknotens oder der Varol'schen Brücke. Jena 1846. Fol.

die mit freiem Auge vorgenommenen Prüfungen erhärteter Weingeistgehirne die Grundlage liefern. Es ist aber dann allerdings zu befürchten, daß die Uebersicht des Waldes vor der Betrachtung der Bäume und der Blätter verloren gehen werde.

Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß alle auf den anatomischen 4557
Verhältnissen fußenden Vermuthungen und alle physiologischen Versuche, die bis jetzt angestellt worden sind, einen provisorischen Charakter besitzen. Soll die Erkenntniß fortschreiten, so handelt es sich nicht darum, größere Stücke, wie z. B. die Brücke und deren Schenkel, die Sehhügel, die Streifenhügel u. s. w. in Betracht zu ziehen, sondern die kleinen, verborgenen, auf anatomischem Wege erkannten Kettenglieder für sich und in ihrer Verbindung mit den anderen Stücken des centralen Nervensystems zu prüfen und sich so von den Ergebnissen der bisher gebotenen gröberen Forschungsweisen zu befreien.

Könnte diese mühsamere Bahn mit Erfolg je betreten werden, so 4558
werden auch die bis jetzt in der Psychologie geltenden Anschauungsweisen ebenso gut fallen müssen, als die Cartesianischen Wirbel den Berechnungen der Anziehungskräfte zu weichen genöthigt waren. Alle Anstrengungen, die man auf diesem Gebiete gemacht hat, ruhen nicht auf derjenigen Grundlage, auf der sie fußen sollten, der Natur der Forschungen wegen aber noch nicht fußen konnten. Was wir Verstand, Einbildungskraft, Vernunft nennen, sind theoretische, in ihren Grenzen unbestimmte Begriffe, die nach gewissen vorgefaßten Ansichten der Erfahrung eher aufgezwungen, als unbefangen aus ihr hergeleitet wurden. Man bemühte sich, diese und andere noch unbestimmter bezeichnete Seeleneigenschaften mit den Verhältnissen des Gehirns in Verbindung zu bringen und schuf so phrenologische Systeme, die dem scharfen Denken eben so sehr, als den anatomischen Thatsachen widersprachen. Haben auch die wissenschaftlichen Forscher der Gegenwart diesen Irrweg mit Recht gemieden, so muß man doch zugeben, daß man häufig noch mit der Annahme einzelner scholastischen Begriffe etwas Wesentliches zu gewinnen glaubt, daß es nicht selten an Muth fehlt, unsere Unwissenheit frei zu bekennen, daß man sie mit Redensarten zu verdecken sucht. Die Art und Weise, wie man die geistigen Thätigkeiten der Thiere behandelt, die verschiedenen Erscheinungen, welche man zu den Trieben und den Instincten rechnet, die Scheu, mit der man manche bisher mit physiologischen Ausdrücken verdeckte Verhältnisse auf ihre mechanischen Beziehungen zurückzuführen Bedenken trägt, können dieses am Besten beweisen. Legt man ein theoretisches Geistesvermögen von vorn herein zum Grunde, so drängt man sich unnöthiger Weise in ein Labyrinth von Unbestimmtheiten oder Widersprüchen, weil man eine Reihe, nicht selten verschiedenartiger Lebensäußerungen künstlich zusammenzwängt. Ein jeder allgemeine Begriff kann erst dann fruchtbringend wirken, wenn die Einzelnheiten, aus denen er hervorgegangen, scharf angegeben werden. Ist dieses nicht der Fall, so rechnet man mit einer Gesammtzahl, deren summatorische Glieder unbekannt und daher der größten Mannigfaltigkeit möglicher Weise fähig sind.

4559 Da der Hirnbau der Thiere größtentheils in ähnlicher Art, wie der des Menschen untersucht worden, so erklärt sich von selbst, weshalb die vergleichende Anatomie nur einige allgemeine Beziehungen andeuten und manche Annahmen widerlegen, jedoch keine sicheren Aufschlüsse über die einzelnen Thätigkeiten liefern konnte. Wir dürfen übrigens hierbei nie aus den Augen lassen, daß immer eine ganze Gruppe von Hirngebilden und nicht ein einzelnes, wie die Großhirnhemisphären um so tiefere Veränderungen erleidet, je weiter wir in der Wirbelthierreihe herabgehen und daß uns noch jeder sichere Schlüssel, die Hirnformen der Wirbellosen und der Wirbelthiere gegenseitig zu verbinden, mangelt. Es kann daher für jetzt von ächt naturwissenschaftlichen, psychologischen, die Thierwelt betreffenden Untersuchungen kaum die Rede sein.

4560 Die vergleichende Anatomie und die Entwickelungsgeschichte lehren, daß das embryonale Gehirn des Menschen an manche bleibende Hirnbildungen niederer Wirbelthiere erinnert. So sicher diese Thatsache auch ist, so unfruchtbar blieb sie für die physiologischen Deutungen.

4561 Die Ergebnisse der Leichenöffnungen hirnkranker Menschen lieferten bis jetzt so widerstreitende Ergebnisse, daß man fast keinen einzigen unzweifelhaften Schluß aus ihnen herleiten kann [1]). Da sich sogar viele durch Thierversuche gewonnene Ergebnisse für den Menschen auf diesem Wege nicht erhärten ließen, so haben einzelne Physiologen die Bemühungen der pathologischen Anatomie für nutzlos und viele Aerzte die an lebenden Thieren angestellten Versuche für unbrauchbar erklärt. Die sorgfältigsten Untersuchungen kranker Gehirne müssen aber unvollständig bleiben, weil die Normen für die genügende Prüfung der gesunden Hirnbildungen noch nicht gefunden sind. Es ist nicht bekannt, in welchen wesentlichen inneren Beziehungen das Hirn des Menschen von dem der Hausthiere anatomisch und physiologisch abweicht. Wir wissen noch nicht, wie ein Leiden eines bestimmten Hirntheiles des Menschen die Thätigkeiten der übrigen verändert, wie weit die Nebenwirkung einer Ausschwitzung oder eines Eiterabsatzes reicht und welche zarten Verhältnisse, die weder das anatomische Messer, noch das Mikroskop oder die chemische Prüfung nachweist, die regelrechten Beziehungen stören. Es kann daher nicht befremden, daß die Leichenöffnungen, wie sie bis jetzt möglich waren, die unsichersten Hilfsmittel für Erforschung des Hirnbaues gebildet haben.

Man hat den physiologischen Versuchen häufig vorgeworfen, daß die unvermeidlichen Nebenverletzungen, die Blutungen, der Zutritt der Luft zu den sonst abgeschlossenen Hirngebilden die Ergebnisse trüben. So richtig dieses auch ist, so läßt sich doch nachweisen, daß die Haupterscheinungen von jenen Verhältnissen nicht abhängen. Die Beobachtungen, die man mit Hilfe des Neurotoms bei unverletztem Schädel anstellen kann, eignen sich am Besten, diese von ärztlicher Seite gemachten Vorwürfe zurückzuweisen. Betrachten wir dagegen die Ergebnisse der Leichenöffnungen, die noch gegenwärtig zur Beweisführung benutzt werden, so stoßen wir nicht selten auf Angaben, die einer schär-

[1]) Vergl. z. B. die Zusammenstellungen bei C. F. Burdach, Vom Bau und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig 1826. 4. p. 501 — 54. Longet, a. a. O. Tome I. u. W. Nasse, De singularum cerebri partium functionibus ex morborum perscrutatione indagatis. Bonnae 1845. 4. p. 10 — 62.

feren Kritik kaum widerstehen. Man spricht häufig von Erweichung oder Verhärtung einzelner Hirntheile, ohne daß diese Mittheilungen durch genauere physikalische Prüfungen oder sorgfältigere mikroskopische Forschungen erwiesen worden wären. Man fußt nicht selten auf Hirnuntersuchungen, in denen nicht unterschieden werden konnte, was einer älteren Zeit und was den letzten Lebensaugenblicken angehörte. Die Unsicherheit, auf welche die Erforschung der Blutleere oder der Blutfülle, die genügende Bestimmung der Umfangsverhältnisse, die Entscheidung über den zarteren Bau und die feineren Ernährungsbeziehungen fast überall stoßen, kehrt auch hier in ihrer ganzen Kraft wieder. Eine durchgreifende mikroskopische Prüfung, so weit sie wenigstens bei dem gegenwärtigen Stande der Dinge möglich wäre, ist in den wenigsten Fällen unternommen worden.

Man muß zugeben, daß die befriedigende Untersuchung kranker Gehirne die Erkenntniß der Hirnthätigkeit mächtig fördern könnte. Man darf sich aber auch nicht verhehlen, daß es bis jetzt noch nicht möglich gewesen, das Untersuchungsverfahren, das zu diesem Ziele zu führen vermöchte, aufzufinden. Einzelbeobachtungen, die auf keiner genügenden Grundlage ruhen, können keine hinreichende Belehrung vorbereiten, man möge sie für sich oder nach statistischen Mittelwerthen betrachten. Sollten die Fortschritte der Anatomie und der Physiologie befriedigendere Untersuchungswege öffnen, so werden die meisten Ergebnisse der bis jetzt vorgenommenen Leichenöffnungen der Vergessenheit mit Recht verfallen.

Man hat häufig den Satz aufgestellt, daß das Gehirn des Menschen 4562 einen größeren Bruchtheil des Körpergewichtes, als das irgend eines Thieres in Anspruch nimmt. Diese Behauptung besitzt jedoch nur eine bedingte Gültigkeit. Hält man sich an die erwachsenen Fische, die Reptilien und die meisten Vögel und Säugethiere, so stößt man auf so bedeutende Unterschiede, daß der Vortheil auf der Seite des Menschen unzweifelhaft liegt. Es giebt dagegen einzelne kleinere Vögel und Affen, die ihm in dieser Hinsicht gleich kommen oder ihn selbst übertreffen. Künftige, auf besseren Grundlagen ruhende vergleichend-anatomische Untersuchungen werden erst über diesen Punkt sicherer entscheiden können.

Da das Körpergewicht mit der Ausbildung der Organe und vorzüglich der Muskeln und der Ablagerung von Fettmassen in hohem Grade wechselt, ohne daß sich das des Gehirnes in gleichem Verhältnisse ändert, so könnten nur Mittelwerthe, die größeren passenden Beobachtungsreihen entnommen sind, einen ungefähren Maaßstab liefern. Die meisten Forscher haben aber bis jetzt nur an einem oder höchstens an wenigen Thieren derselben Art bestimmt, wie sich das Gehirn zur Körpermasse verhielt. Es ereignete sich auf diese Weise, daß der Eine z. B. für das Gehirn des Hundes $1/47$ und der Andere $1/305$ der Körpermasse annahm.

Ein zweiter Umstand, der eben so wenig berücksichtigt wurde, liegt in der Altersverschiedenheit. Wir werden sehen, daß diese den beträchtlichsten Einfluß in dem Menschen ausübt, daß hier z. B. die Verhältnißwerthe um das Fünffache wechseln können, je nachdem man von dem zarten Kinde oder von dem Erwachsenen ausgeht. Es wäre leicht möglich, daß einzelne Affen, die ein bedeutendes Uebergewicht ihrer Hirnmasse lieferten, jüngere Thiere waren und auf diese Weise höher, als sie es verdienen, gestellt wurden.

Halten wir uns an die von Haller und Cuvier [1]) gefundenen Werthe, so würde das Gehirn der von ihnen untersuchten Fische $1/3744_0$ (Thunfisch) bis $1/56_0$ (Karpfen) des Körpergewichtes betragen. Die Amphibien lieferten in dieser Hinsicht $1/224_0$ (Landschildkröte) bis $1/17_2$ (Frosch), die Vögel $1/36_0$ (Ente) bis $1/14$ (Zeisig) und die Säugethiere $1/86_0$ (Ochse) bis $1/22$ (Saimiri). Der Mensch dagegen, der das Alter der Geschlechtsreife überschritten hat, giebt in der Regel ungefähr $1/3_0$ bis $1/4_0$, während die ersten Lebensjahre $1/9$ bis $1/5$ darbieten. Wir sehen hieraus, daß einzelne der kleineren

[1]) G. Cuvier, Leçons d'Anatomie comparée. Tome II. Paris. An VIII. p. 149—52.

Singvögel und Affen dem erwachsenen, nicht aber dem noch unvollständig entwickelten Menschen beträchtlich voraneilen.

Lassen wir auch die oben erwähnten Uebelstände, welche den bis jetzt gelieferten Untersuchungen anhaften, bei Seite, so müssen wir uns doch bald überzeugen, daß der Vergleich des Hirn- und des Körpergewichtes wenig zu lehren im Stande ist. Wenn der Bau eines Thieres eine beträchtliche Muskelmasse nothwendig macht, so wird hierdurch das Körpergewicht unverhältnißmäßig gewinnen. Größere Geschöpfe, die mit starken Knochen und umfangreichen Bewegungswerkzeugen versehen worden, müssen unter diesen Verhältnissen kleinere Bruchtheile für ihr Gehirn darbieten, ohne daß deshalb ihre höheren geistigen Fähigkeiten sinken und umgekehrt. Man kann sich aus solchen Verhältnissen erklären, weshalb z. B. der Elephant $1/500$, das Pferd $1/400$, der Esel $1/254$, das Schaaf $1/192$ bis $1/351$ oder der Adler $1/160$ und der Sperling $1/25$ hat. Etwas Aehnliches vermag aber in dem Hirnbau selbst wiederzukehren. Die Bestimmung eines Thieres kann möglicher Weise fordern, daß einzelne Theile, die keineswegs höheren geistigen Fähigkeiten vorstehen, einen beträchtlichen Umfang erreichen und so der gesammten Hirnmasse ein Uebergewicht verschaffen, das eine wahre höhere Ausbildung der geistigeren Elemente nicht andeutet.

Die Gewichtsbestimmungen und die mit freiem Auge angestellten Messungen sind überhaupt nicht im Stande, ein sicheres Urtheil zu begründen. Es frägt sich nämlich vor Allem, ob die Vorzüge der höheren Thätigkeiten nur von der Menge der nervösen Elemente und nicht zugleich von ihrer inneren Beschaffenheit und dem Grade ihrer gegenseitigen Verknüpfung abhängen. Lassen wir aber auch diesen wahrscheinlich wichtigen Umstand bei Seite, so besteht die Hirnmasse aus einer großen Zahl mikroskopischer Gebilde. Die Durchmesser von diesen wechseln in hohem Grade und der Umfang daher in der dritten Potenz der Durchmesserunterschiede. Es kann daher leicht eine kleinere Hirnmasse eine eben so große Zahl von Werkzeugen, wie eine größere enthalten, sobald nur die Elemente verhältnißmäßig stärker an Volumen abgenommen haben.

4563 Der Verhältnißwerth des Gehirns oder derjenige Bruchtheil, den es von der gesammten Körpermasse einnimmt, fällt in dem Neugeborenen am Größten und in dem Greise am Kleinsten aus. Er sinkt aber im Laufe der verschiedenen Lebensalter in einer nicht stetigen Reihenfolge. Der Neugeborene und das zarte Kind haben in dieser Hinsicht ungefähr $1/5$ bis $1/9$, der 20jährige Mensch $1/24$ bis $1/30$ und der von 50 bis 70 Jahren $1/40$ bis $1/44$ [1]). Diese Thatsachen bekräftigen von Neuem, daß die Entwickelung der übrigen Körperwerkzeuge den Verhältnißwerth des Gehirns zurückzudrängen im Stande ist, während die höheren Geistesthätigkeiten einer größeren Vollendung entgegengehen oder wenigstens auf einer ausgedehnteren Erfahrungsgrundlage fußen.

4564 Das Gehirn des Mannes scheint zu allen Lebensaltern ein größeres absolutes Gewicht, als das der Frau darzubieten. Der mit der Körpermasse in Beziehung gebrachte Verhältnißwerth fällt auch meist bis zu den Jahren der Geschlechtsreife in den Mädchen kleiner, als in den Knaben und den Jünglingen aus. Die Mittelgröße kann in dem Erwachsenen bald in dem einen und bald in dem anderen Geschlechte den Vorzug haben.

4565 Es läßt sich in den gewöhnlichen Fällen nicht sicher beurtheilen, ob ein schwereres Gehirn mit größeren Geistesfähigkeiten, als ein leichteres

---

[1]) Eine Reihe solcher Verhältnißbestimmungen finden sich in: Fr. Tiedemann, Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und des Orangoutangs verglichen. Heidelberg 1837. 4. S. 12. fgg. u. Reid, in R. B. Todd, The Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. London 1843. 8. p. 663.

nothwendiger Weise verbunden ist. Es unterliegt dagegen keinem Zweifel, daß die Mikrocephalie d. h. eine angeborene übermäßige Kleinheit des Schädels und des Gehirns Blödsinn zur Folge hat. Einzelne Menschen, die an Mangel der Geistesthätigkeiten seit ihren frühesten Kinderjahren gelitten haben, besaßen eine auffallend kleine Hirnmasse. Obgleich der Umfang des Schädels und des von ihm eingeschlossenen Hirns in dem Wasserkopfe bedeutend zunehmen kann, so findet man doch, daß nur fremdartige Ausschwitzungen diese Veränderung bedingen, daß aber das Gewicht der eigentlichen Nervensubstanz kleiner oder wenigstens nicht größer, als gewöhnlich ausfällt. Die Hirne einzelner ausgezeichneterer Köpfe haben umgekehrt ein beträchtliches absolutes Hirngewicht dargeboten.

Das Hirn eines gesunden 10jährigen Mädchens wiegt z. B. gewöhnlich etwas mehr als 1 Kilogr. Tiedemann fand dagegen nur 540 Grm. für das Gehirn eines blödsinnigen Mädchens von dem gleichen Alter. Hatte jener Forscher 39 Männer, deren Lebenszeit zwischen das 22ste und das 80ste Jahr fiel, geprüft, so erhielt er 1133 bis 1760 Grm. Ein Blödsinniger von 40 Jahren lieferte dagegen 701 Grm. und einer von 50 Jahren 611 Grm. (Vergl. §. 4585.) Das Gehirn von Cuvier wog 1850 und das von Dupuytren 1804 Grm. Diese beiden Männer starben aber an Krankheiten, in denen Ausschwitzungen das Gewicht der Hirnmasse vergrößert haben konnten.

Es läßt sich vorläufig nicht entscheiden, ob sich einzelne Menschenracen durch die Kleinheit ihrer Hirnmasse wesentlich auszeichnen oder nicht. Soemmerring u. A. Cooper gaben 1,3 bis 1,5 Kilogr., mithin Zahlen, die denen der Europäer gleichzustehen scheinen, für erwachsene Neger an. Fohmann und der jüngere Tiedemann fanden dagegen nur 816 Grm. für das Gehirn eines 25jährigen Negers.

Tiedemann versuchte noch den Rauminhalt der Schädelhöhle in einer großen Menge von Köpfen der verschiedensten Menschenracen zu bestimmen. Es ergab sich hierbei, daß sich keine von ihnen durch ein beständiges Merkmal besonderer Kleinheit auszeichnet. Es kommen aber allerdings die bedeutenderen Größen in den Kaukasiern und den Malaien häufiger vor [1]). Die Untersuchungen von Lucae [2]) führen zu einem ähnlichen Ergebnisse. Die Schädel des bekannten Schriftstellers Heinse und des Chirurgen und Anatomen Bünger nahmen mehr Raum, als irgend einer der untersuchten Schädel nicht europäischer Völkerschaften ein. Ein Neger hatte unter diesen den Vorrang und stand den genannten Europäern nur wenig nach.

Soemmerring hob zuerst hervor, daß der Mensch die kleinsten 4566
Hirnnerven im Verhältniß zur Masse seines Gehirns besitzt. Es ist nicht wahrscheinlich, daß diese Eigenthümlichkeit nur von der geringeren Breite der peripherischen Primitivfasern und der größeren Zartheit der Hüllen derselben abhängt. Man kann eher annehmen, daß das Gehirn sein Uebergewicht einer größeren Menge eigener Elementartheile verdankt.

Das große Gehirn des erwachsenen Menschen wiegt gewöhnlich 950 4567
bis 1450 Grm., das kleine 120 bis 190 Grm., das mit den angrenzenden Mittelgebilden zusammenhängende verlängerte Mark 20 bis 30 Grm. und das Rückenmark ebenfalls 20 bis 30 Grm. Wir sehen hieraus, daß die Großhirnmasse ungefähr 6 Mal so viel als die Summe des übrigen centralen Nervensystems ausmacht.

Vergleicht man das große Gehirn mit dem verlängerten Marke und 4568

[1]) Tiedemann, a. a. O. S. 47.
[2]) C. G. Lucae, Zur organischen Formenlehre. Frankfurt a. M. 1845. 4. S. 31—47.

dem Rückenmarke, so findet man, daß diese letzteren Gebilde einen verhältnißmäßig größeren Umfang in den Säugethieren besitzen. Die Gewichte des kleinen und des großen Gehirns dagegen führen zu keinen sicheren Schlüssen, weil der Mensch einzelnen Säugethieren in dieser Hinsicht nachsteht, von anderen dagegen übertroffen wird.

Das kleine Gehirn des erwachsenen Menschen verhält sich zum großen wie 1 : 7 bis 8 oder, wenn man alle Lebensalter berücksichtigt, wie 1 : 6 bis 9. Die Maus hat z. B. in dieser Beziehung 1 : 2, der Biber 1 : 3, der Maulwurf 1 : $4\frac{1}{2}$, das Schaaf 1 : 5, die Katze 1 : 6, das Pferd 1 : 7, der Hund 1 : 8, der Ochse 1 : 9 und der Saimiri 1 : 14 [1]). Man kann daher nicht sagen, daß sich das große Gehirn in Verhältniß zum kleinen stetig vergrößert, so wie man in der Reihe der Säugethiere emporsteigt.

4569 Das Menschengehirn zeichnet sich vor Allem dadurch aus, daß die Großhirnhemisphären eine beträchtlichere Entwickelung erreichen und das kleine Gehirn und die übrigen in der Schädelhöhle gelegenen Gebilde des centralen Nervensystems bedecken. Die Oliven treten stärker hervor. Die Brücke gewinnt an Umfang. Die Halbkugeln des kleinen Gehirns werden stärker entwickelt und erhalten daher verhältnißmäßig das Uebergewicht über den Wurmtheil. Die Mittelgebilde des großen Gehirns, wie der Balken und das Gewölbe, erreichen hier die größte Ausdehnung. Die einzelnen Lappen der Großhirnhemisphären dehnen sich mehr aus. Alle werden verhältnißmäßig höher und der Hinterlappen länger und breiter. Das Hinterhorn verlängert sich am Beträchtlichsten und die in ihm auftretenden Wülste finden hier ihre stärkste Ausbildung. Alle diese Thatsachen gestatten jedoch noch keine sicheren Schlüsse. Sie beziehen sich nur auf äußere Formverhältnisse, während die Beschaffenheit der Elementartheile und die Wechselwirkung derselben noch gänzlich unbekannt sind.

4570 Willis [2]) und viele spätere Forscher haben ein bedeutendes Gewicht auf die Windungen der Großhirnlappen gelegt. Die Säugethiere können in dieser Hinsicht keinen Aufschluß geben. Die Windungen fehlen nicht bloß einzelnen tiefer stehenden Geschöpfen, wie den Beutelthieren, den Zahnlosen und den Nagern, sondern auch manchen Affen, wie dem Tamarin. In ihren Geistesthätigkeiten keineswegs beschränkte Säugethiere, wie der Fuchs, der Wolf oder der Hund bieten nach Leuret [3]) die einfachsten, die Wiederkäuer dagegen zusammengesetztere Windungsverhältnisse dar. Die Unebenheiten, welche durch diese bedingt werden, vermehren zunächst nur die Oberfläche der Hirnmasse. Jene steht aber weder mit dem Umfange derselben noch mit den Geistesfähigkeiten in nothwendigem Zusammenhange.

Hat man die innere weiße Masse der Großhirnhalbkugeln des Erwachsenen größtentheils entfernt, so läßt sich die übrige Rinde mehr oder minder flächenartig ausbreiten. Baillarger [4]) giebt an, daß diese dann eine Ausdehnung von 1700 Quadrat-

[1]) Cuvier, a. a. O. Tome II. p. 153. Vergl. auch Jos. et Car. Wenzel, De penitiori structura cerebri hominis et brutorum. Tubingae 1812. Fol. Tab. III. u. IV.
[2]) Th. Willis, a. a. O. p. 294. 95.
[3]) Levret, bei Longet, a. a. O. Tome I. p. 637 — 39.
[4]) Baillarger, in dem Bulletin de l'Academie de Medecine. Tome X. Paris 1845. 8. Avril. p. 558.

Centimeter einnimmt. Das Menschenhirn besitzt überdieß nach ihm eine weit kleinere Oberfläche in Verhältniß zu seinem Umfange, als das Gehirn der niedereren Säugethiere. Die Entwickelung der Geisteskräfte soll sogar nach ihm eher in umgekehrtem Verhältnisse zu jener Oberflächengröße stehen.

4571 Vergleicht man die Windungen der beiden Großhirnhemisphären unter einander, so findet man, daß sie immer im Menschen ungleich ausfallen. Dieses wiederholt sich nach Wenzel [1]) in dem Pferde und dem Schweine in geringerem Grade, während der Fuchs, der Wolf, das Kalb, das Schaaf, der Hund und die Katze eine weit größere Uebereinstimmung an beiden Seiten darbieten. Manche Forscher, wie Malacarne, Prochaska, Arnold, glauben sich überzeugt zu haben, daß jene Gebilde in geistreichen Menschen asymmetrischer ausfallen. Dem sei, wie ihm wolle, so ist so viel gewiß, daß das Gehirn eines Cretins oder eines Blödsinnigen Windungsformen, die von denen eines gesunden Menschen selbst bei genauerem Vergleiche nicht unterschieden werden können, zu besitzen vermag.

Die Symmetrie oder Asymmetrie des Schädels gestattet in dieser Hinsicht keine sicheren Schlußfolgerungen. Man findet häufig eine mehr oder minder deutlich ausgesprochene Ungleichheit in den gesündesten und geistvollsten Menschen. Eine große Reihe sorgfältiger, die verschiedensten Menschenracen umfassender Untersuchungen dieser Verhältnisse findet sich in: C. G. Lucae, Zur organischen Formenlehre. Frankfurt a. M. 1845. 4. Seite 49 — 60.

4572 Die schon früher dargestellten Thierversuche deuten klar darauf hin, daß viele Thätigkeitsarten, die man in dem gewöhnlichen Leben einer gewissen geistigen Berechnung und einem bestimmten Willenseinflusse zuschreibt, ohne Mithilfe des großen und des kleinen Gehirns zu Stande kommen. Es müssen das verlängerte Mark und das Rückenmark einen großen Theil der Erscheinungen, die wir den Instincten und den Trieben zuschreiben, durch das Gegenspiel ihrer Elementargebilde vermitteln können. Es erklärt sich hieraus, weshalb Kranke, die keines geordneten Gedankenganges mehr fähig sind, nichts desto weniger ihren Körper in zweckmäßiger Weise bewegen, und den äußeren Wechselwirkungen passend entgegentreten. Man kann selbst auf diese Weise eher begreifen, weshalb der Gesunde viele seiner Einzelthätigkeiten den richtigen Punkten ohne weitere Ueberlegung zuwendet und warum der Schlaf diese zweckmäßigen Regungen keineswegs unterbricht.

4573 Die Leichenöffnungen bestättigen im Allgemeinen, daß örtlich beschränkte, mit keinen anderen Hirnentartungen verbundene Verletzungen des verlängerten Markes und der Brücke die höheren Geistesthätigkeiten nicht nothwendiger Weise trüben. Lähmungen der Empfindung und der Bewegung einzelner Körpertheile, Athmungshinderniße, Stimmlosigkeit und Schlingbeschwerden traten vorzugsweise im Leben hervor, wenn die Brückengegend örtliche Abweichungen in der Leiche darbot [2]). Eine durchgreifende

[1]) J. et C. Wenzel, a. a. O. p. 23. 21.
[2]) Vergl, z. B. W. Nasse, a. a. O. p. 47 — 49.

Störung des verlängerten Markes tödtet einen Menschen in einigen Augenblicken (§. 4512). Es kann vorkommen, daß der Zahnfortsatz des zweiten Halswirbels, wenn die ihn zurückhaltende quere Bandmasse zerrissen ist, jene nachtheiligen Wirkungen durch Quetschung des verlängerten Markes bedingt [1]). Brüche der Umgebung des Hinterhauptsloches, Verrenkungen des ersten Halswirbels, Blutergüsse führen zu demselben Ziele. Manche Kranke, wie z. B. Brustwassersüchtige oder Herzleidende sterben nicht selten so schnell unter den Merkmalen der Erstickung, daß man hier mit Recht eine durch irgend einen Grund bedingte Lähmung des verlängerten Markes voraussetzen darf (S. 505).

4574 Die bis jetzt vorliegenden Leichenöffnungen haben noch keine sicheren Aufschlüsse über die Thätigkeitsbeziehungen der Vierhügel geliefert. Einzelne Forscher, wie Gall, Brolik, Magendie und Lelut glauben bemerkt zu haben, daß der Umfang jener Gebilde überhaupt oder wenigstens der der vorderen Hügel in blinden Menschen abgenommen hatte [2]). Rudolphi [3]) fand dann Entartungen der Seh-, nicht aber der Vierhügel. Beispiele, in denen nur diese Theile krankhaft verändert waren, scheinen überhaupt zu den größten Seltenheiten zu gehören. Eine anhaltende Verkleinerung des Sehloches, unstäte Bewegungen der Augen, Trübungen des Gesichts und Wechselkrämpfe der Gliedmaaßen dürften noch am Häufigsten die Krankheiten der Vierhügel und der an sie grenzenden Hirntheile begleiten [4]).

4575 Obgleich die durchgreifenden Entartungen des kleinen Gehirns häufiger vorkommen, so haben doch die Ergebnisse der Leichenöffnungen noch nicht bestimmen können, ob dieser Theil des centralen Nervensystems irgend eine Gattung der geistigen Wirkungen wesentlich beherrscht oder nicht. Die bis jetzt gemachten Erfahrungen deuten nur an, daß die Sicherheit der Körperbewegungen in den Krankheiten des kleinen Gehirns beträchtlich leidet, daß dagegen das Denken, die Sinnesempfindungen, die Sprache und die Geschlechtsregungen nicht nothwendiger Weise verloren gehen [5]).

Combette [6]) erzählt einen Fall, in dem das ganze kleine Gehirn vollständig entartet war. Eine dünnflüssige Masse füllte die Hinterhauptsgruben eines 11jährigen Mädchens aus. Eine häutige, gallertige kreisförmige Ablagerung, die durch zwei weiche Stiele mit dem verlängerten Marke verbunden war, fand sich statt des kleinen Gehirnes vor. Weiße, von dem Uebrigen getrennte Markmassen, von denen die eine den Rollmuskelnerven der einen Seite aufnahm, lagen in der Nachbarschaft jener Stiele. Die Brücke fehlte gänzlich, ohne daß die entsprechende Nervensubstanz selbst an Umfang abgenommen zu haben schien. Das Kind war geistesbeschränkt gewesen. Es konnte sich erst zu 5 Jahren aufrecht erhalten. Es ging zwar in der Folge ohne Unterstützung, fiel jedoch leicht um. Es sprach undeutlich und trieb häufig Selbstbefleckung. So Vieles hier auch die Ergebnisse der Leichenöffnung zu wünschen übrig lassen, so kann man doch

---

[1]) Bell, bei Longet, a. a. O. Tome I. p. 403.
[2]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 479.
[3]) Burdach, a. a. O. Bd. III. S. 452.
[4]) W. Nasse, a. a. O. p. 44 — 46. Longet, a. a. O. Tome I. p. 480. 81.
[5]) Vergl. z. B. Longet und Nasse, a. a. O. A. A. Höltzel, De cerebelli compressione. Berolini 1840. 8. p. 10 — 27.
[6]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 764 — 66.

wenigstens aus diesem Falle schließen, daß die Wollustempfindungen die Anwesenheit des ganzen kleinen Gehirns nicht nothwendiger Weise voraussetzen.

Man hat zwar nicht selten beobachtet, daß Blutergüsse, Abscesse oder andere Entartungen, die sich nur auf die eine Kleinhirnhemisphäre beschränkten, mit halbseitigen Lähmungen und zwar oft der entgegengesetzten Körperhälfte verbunden waren. Es kam aber auch vor, daß Entartungen der Art keine solche Kreuzungsverhältnisse darboten oder überhaupt nicht mit deutlichen Lähmungen einzelner Glieder verbunden waren. Berücksichtigt man die Sinnesempfindungen und die höheren Geistesthätigkeiten, so findet man ähnliche Widersprüche. Die Krankheitslehre ist überhaupt noch nicht im Stande, die Abweichungen des kleinen Gehirns von denen mancher anderen Bezirke des centralen Nervensystems durch sichere, am lebenden Menschen erkennbare Merkmale mit irgend einem Grade von Zuverlässigkeit zu erkennen [1]).

Serres [2]) hat einen Fall angeführt, in dem sich ein Mann im Anfange seiner Krankheit nach links drehte. Das linke Bein hatte seine Bewegungsfähigkeit, nicht aber seine Empfindlichkeit kurze Zeit darauf verloren. Die Leichenöffnung ergab dann, daß die Gegend, in welcher der rechte Kleinhirnschenkel in die entsprechende Kleinhirnhemisphäre eintritt, durch Ausschwitzungen größtentheils zerstört war. Gavarret und Longet [3]) fanden, daß eine Balggeschwulst den rechten mittleren Kleinhirnschenkel eines Schaafes zusammendrückte. Das Thier hatte sich im Leben nach links gedreht.

Die Zerstörung des einen Großhirnschenkels scheint die Empfindung 4576
und die Bewegung der Glieder und selbst die Muskelthätigkeit der Gesichtshälfte der entgegengesetzten Seite aufzuheben. Es frägt sich dagegen, ob die Zungenbewegungen gestört sind oder nicht. Das Denken leidet nicht nothwendig unter jenen Verhältnissen [4]).

Wir haben schon §. 4431 gesehen, daß die halbseitigen Lähmungen 4577
der Glieder, die vorzüglich nach Schlaganfällen zurückbleiben, mit Entartungen des Bezirkes des gegenüberstehenden Sehhügels oder der Nachbarschaft desselben verbunden zu sein pflegen. Führt auch die Prüfung mit freiem Auge zu dem Ergebnisse, daß sich die Abweichung auf den Sehhügel allein beschränkte, so kann doch im Leben nicht bloß der Arm, sondern auch der Fuß seine Fähigkeit, dem Willensbefehle zu gehorchen, eingebüßt haben. Lähmungen der Rumpfmuskeln, Blindheit oder Bewußtlosigkeit begleiten nicht nothwendiger Weise diesen Krankheitszustand. Die Störungen der Bewegungswerkzeuge der Rumpfglieder und zum Theil des Antlitzes treten hier im Allgemeinen häufiger, als in den Leiden anderer einzelner Großhirntheile hervor.

Halbseitige Lähmungen der Glieder, des Antlitzes und der Zunge 4578
verbinden sich nicht selten mit sichtlichen Entartungen des entgegengesetzten Streifenhügels und der Umgebung desselben [5]). Berücksichtigt man die bis jetzt vorliegenden Leichenöffnungen, so kann man nicht behaupten, daß hierbei die Füße stärker als die Arme leiden. Drehbewegungen oder unwillkührliches Vorwärtsgehen kamen hier nicht vor. Der Geruch, das

---

[1]) Vergl. Burdach, a. a. O. Bd. III. S. 436 fgg. Longet, a. a. O. Tome I. pag. 735 fgg. W. Nasse, a. a. O. p. 52 — 62. Toulmouche, in der Gazette médicale de Paris. Tome XIII. Paris 1845. 4. Nro. 29. p. 449 — 56.

[2]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 452. 53.

[3]) Longet, a. a. O. Tome I. p. 455.

[4]) W. Nasse, a. a. O. p. 46. 47.

[5]) Vergl. z. B. J. H. Bennett, Pathological and Histological Researches on the Inflammation of the Nervous Centres. Edinburgh 1843. 8. p. 4 fgg.

Gesicht, das Gehör oder die Geistesfähigkeiten brauchen nicht nothwendiger Weise gestört zu sein.

Die Wülste, die in dem Hinterhorne und dem Unterhorne liegen, wie die Vogelklaue, die sehr unbeständige Seitenerhabenheit [1]), das Widderhorn und die gezahnte Leiste sind in den bis jetzt vorgenommenen Leichenöffnungen nur ausnahmsweise berücksichtigt worden. J. und C. Wenzel [2]) fanden, daß die Widderhörner eines Geisteskranken sehr klein waren und daß die eines melancholischen Menschen eine ungleiche Größe an beiden Seiten darboten. Das rechte Ammonshorn einer am Pellagra leidenden und sehr geistesbeschränkten alten Frau war mit dem Dache des Unterhornes verwachsen. Da die Widderhörner in den Säugethieren, wenn auch nicht in den niedereren Wirbelthieren angetroffen werden, so dürfen wir mit Recht vermuthen, daß sie einer der höheren, dem Menschen eigenthümlichen Geistesfähigkeiten nicht ausschließlich vorstehen. Es frägt sich dagegen, ob nicht die Unebenheiten, die vorzüglich dem Hinterhorne angehören, eine größere Bedeutung besitzen. Da sie in den einzelnen Menschen vielfach wechseln, so wäre jedenfalls wünschenswerth, daß sie in Vergleich zu den geistigen Anlagen der Verstorbenen genauer geprüft würden.

4579 Eine unvollkommene Entwickelung des Balkens schließt wenigstens nicht die Geistesthätigkeiten, die zu den gewöhnlichen Lebensbeschäftigungen nöthig sind, aus [3]). Die bis jetzt bekannten Fälle, in denen der Balken ursprünglich mangelte oder durch spätere Krankheiten zerstört worden war und zu denen sich meistentheils Geistesschwäche und Betäubung gesellt hatten, können keinen Aufschluß geben, weil noch andere Hirngebilde gleichzeitige Abweichungen dargeboten hatten.

Man hat häufig seit Zinn die Ansicht ausgesprochen, daß der Balken und die Commissuren überhaupt die Thätigkeiten zweier paariger Hirntheile zu einer Einheit verbinden. Da jene Massen aus weißem Marke bestehen, so kann man mit Recht vermuthen, daß sie eine Verbindungsbrücke entfernter grauer Kerne darstellen. Es ist aber hierdurch für ihre physiologische Deutung wenig gewonnen, so lange man nicht die Theile, zu denen sie gehören, und die Art, wie sie auf jene wirken, genauer kennen gelernt hat. Man darf jedenfalls voraussetzen, daß sie nur gewisse einzelne Hirnorgane beherrschen. Dieses erhellt schon daraus, daß eine Brücke grauer Masse hinreicht, um Uebertragungen möglich zu machen. Besondere weiße Commissuren waren zu diesem Zwecke nicht nothwendig, wenn nicht noch eigene Nebenabsichten erreicht werden sollten. Der Balken kann am Ehesten gegen die gewöhnliche Vorstellung, die man sich von dem Nutzen der Commissuren macht, zeugen. Er sollte die geistigen Wirkungen der beiden Großhirnhemisphären zu einer Einheit verknüpfen. Wir werden aber sogleich sehen, daß die Thätigkeit einer Halbkugel zu allen gewöhnlichen geistigen Wirkungen hinreicht und die Beihilfe des Balkens in dieser Hinsicht nicht gefordert wird.

4580 Es kommt nicht selten vor, daß die eine Hälfte des großen oder des kleinen Gehirns und zwar in der Regel die linke [4]) eine beträchtlichere Masse besitzt. Männer scheinen diesen Fehler häufiger, als Frauen darzubieten. Man kann nicht behaupten, daß er nothwendiger Weise mit Geistesbeschränktheit verbunden ist.

---

[1]) K. G. Jung, Ueber die seitliche Erhabenheit in dem Lateral-Ventrikel des menschlichen Gehirns. Basel 1844. 4. S. 11 fgg.
[2]) J. et C. Wenzel, a. a. O. pag. 142. 43.
[3]) J. Paget, in den Medico-chirurgical Transactions. Vol. 29. London 1846. 8. pag. 55 — 73.
[4]) H. Demme, Ueber die ungleiche Größe beider Hirnhälften. Würzburg 1831. 8. Seite 121. 22.

Die ärztlichen Erfahrungen haben häufig gelehrt, daß nicht unbedeu- 4581
tende Mengen einer oder beider Großhirnhalbkugeln verloren gehen können, ohne daß die geistigen Kräfte wesentlich leiden. Ausgedehnte Zerstörungen der beiden Hemisphären, Entartungen, welche die Hirnmasse in weiteren Bezirken einschränken, führen in der Regel zu Blödsinn oder zu ähnlichen Krankheiten. Es kann dagegen der größte Theil der einen Großhirnhemisphäre zu Grunde gegangen sein, ohne daß die geistigen Regungen aufhören. Ein 29jähriger Mann z. B. litt von frühester Kindheit an an Lähmung der linken Körperhälfte. Seine Geisteskräfte waren nicht im Geringsten gestört. Nachdem er schwindsüchtig gestorben war, zeigte es sich, daß eine dünne Flüssigkeit die Hauptmasse der rechten Großhirnhalbkugel ersetzte. Der rechte Streifenhügel bot keine Abweichung dar. Der rechte Sehhügel dagegen war verkümmert und verhärtet. Die Pyramiden, die Oliven und die Vierhügel nahmen rechts einen geringeren Umfang, als links in Anspruch [1]). Ein zweiter ähnlicher, von Romberg [2]) beobachteter Fall dagegen war mit Geistesschwäche verbunden.

Man hat sich hin und wieder bemüht, die Bedeutung der einzelnen Hauptlappen, in welche die Großhirnhemisphären zerfallen, durch die am Krankenbette und auf dem Leichentische erhaltenen Ergebnisse zu bestimmen [3]). Es mußten hierbei die Beziehungen zu den Geistesthätigkeiten vorzugsweise in Betracht kommen. Die meisten Erfahrungen aber, die man zum Grunde legt, betreffen nur einseitige Hirnverletzungen, die keinen sicheren Maaßstab, wie wir schon gesehen haben, liefern. Wir dürfen überdieß nicht vergessen, daß wir die Tragweite der Wirkung einer örtlichen Erweichung, eines Bluterguſses oder einer Geschwulst nicht zu bestimmen vermögen. Man kann nur so viel behaupten, daß die Vorderlappen keineswegs ausschließlich die geistigen Fähigkeiten bestimmen, daß ihnen die Mittel- und die Hinterlappen in dieser Hinsicht nicht nachstehen.

Manche Forscher haben angenommen, daß die Fähigkeit, die Sprachwerkzeuge gehörig zu gebrauchen, von den Vorderlappen des großen Gehirns abhängt. War nämlich z. B. eine Kugel zu der einen Schläfe eingedrungen und zur anderen herausgetreten und hatte sie auf diese Weise die beiden Vorderlappen durchsetzt, so konnte der Verwundete Alles, was man mit ihm sprach, hören. Er war aber nicht im Stande, seinen Empfindungen Worte zu geben. Er mußte sie vielmehr durch Gebährden ausdrücken. Prüft man die Krankengeschichten, die zu Gunsten jener Ansicht angeführt werden, genauer [4]), so findet man, daß sie schon an und für sich zur Begründung des Ganzen nicht genügen, weil sie keine irgend beständige Merkmale liefern. Lassen wir aber auch dieses bei Seite, so kommen Fälle vor, in denen die Vorderlappen des großen Gehirns in beträchtlichem Umfange verletzt waren, ohne daß die Geisteskräfte, das Wortgedächtniß oder die Sprache gelitten hatten. Ein alter Mann, dessen rechter Vorderlappen eine umfangreiche Krebsgeschwulst enthielt und dessen linker in ähnlicher Art theilweise erkrankt war, bot sogar einen hohen Grad von Geschwätzigkeit dar [5]). Ein junger Mensch hatte umgekehrt die Worte vergessen, obgleich weder der vordere, noch der hintere, sondern der mittlere Lappen der linken Seite und die Hirnhäute Tuberkelgeschwülste enthielten [6]).

---

[1]) Longet, a. a. O. Tome I. pag. 669.
[2]) E. Henoch, De atrophia cerebri. Berolini 1842. 4. p. 24 — 26.
[3]) W. Nasse, a. a. O. p. 17 — 32. Vgl. auch C. F. Burdach, a. a. O. Bd. III. S. 489 fgg.
[4]) Bonnafont, in den Mémoires de Médecine et Chirurgie militaires Tome 60. p. 210 — 20. Haspel, in der Gazette des Hospitaux. Tome IX. Paris 1847. Fol. Janv. p. 42. 43. und Bouillaud, in dem Bulletin de l'Académie nationale. Tome 13. Paris 1848. p. 696 — 808.
[5]) Velpeau, in dem Bulletin général de Thérapie. Tome XXIV. Paris 1844. p. 219.
[6]) Gazette des Hospitaux. Tome VII. Paris 1845. Fol. Mars p. 145. Vergl. auch Kemmeres, in der Gazette méd. de Paris. 1848. p. 459.

Da eine Halbkugel des großen Gehirns zur Vermittelung der Geistesthätigkeiten hinreicht, so schlossen zum Theil Holland [1]) und vorzüglich Wigan [2]), daß jede der beiden Hemisphären auch in dem unversehrtem Zustande für sich thätig sei. Sie suchten auf diese Weise zu erklären, wie zwei verschiedene Gedanken einen Menschen gleichzeitig beschäftigen können. Die Erfahrung war bis jetzt nicht im Stande, diese Vermuthung mit Sicherheit zu beweisen.

4582 Wir haben schon §. 4397 gesehen, daß eine übermäßige Menge von Wasser, das sich in den Hirnhöhlen angesammelt hat, die Thätigkeiten des Gehirns wesentlich beeinträchtigt. Ergüsse der Art kommen im Menschen, die an einem Schlaganfalle, an Hirnentzündung, an Nervenfiebern oder an ähnlichen Krankheiten zu Grunde gegangen sind, häufig vor. Sie gesellen sich oft zu anderen Hirnleiden, zu Geschwülsten oder Erweichungen. zu den Störungen, welche die fallende Sucht bedingen, hinzu. Sie folgen nicht selten den mit Hirncongestionen verbundenen Krämpfen der Kinder. Hat der Erguß eine gewisse Größe erreicht, so verräth er sich durch Erweiterung der Sehlöcher der Augen, durch Lähmung der Sinneswerkzeuge, durch Bewußtlosigkeit und bisweilen durch Störungen der Bewegungsthätigkeiten, durch Bläße der Haut, Ausdruckslosigkeit des Antlitzes und nicht selten in Kindern durch übermäßige Schweiße. Man kann mit Recht vermuthen, daß diese Erscheinungen von den mit den Wasserergüssen verbundenen Abweichungen der Molecularverhältnisse des Gehirnes herrühren.

4583 Die Entwickelungszustände der Leibesfrucht können schon die übermäßige Anhäufung von Flüssigkeiten und deren nachtheilige Wirkungen begünstigen. Das Gehirn bildet im Anfange eine Reihe von hohlen Bläschen, deren Inneres mit einer flüssigen Masse angefüllt ist. Die Nervensubstanz setzt sich nach und nach an den Wänden ab, und beengt auf diese Weise die Hohlräume. Es bleiben nur zuletzt die schmalen Hirnhöhlen übrig. Denken wir uns aber, daß sich die ursprüngliche verhältnißmäßige Menge der Flüssigkeit krankhafter Weise behauptet, so wird schon hierdurch die Nervenmasse beeinträchtigt werden. Die verschiedenen Mißbildungen, die am Ende zu Hirnmangel führen, deuten an, daß sich die Flüssigkeit unter regelwidrigen Verhältnissen absolut vergrößern und daß sie die Hirnmasse selbst zerstören kann.

Wir finden einzelne Fälle von Wasserkopf, in denen der Umfang des Gehirns und des Schädels beträchtlich zugenommen hat. Große Hohlräume sind dann mit Flüssigkeiten angefüllt. Sie werden von dünnen Hirnwänden begrenzt. Schreitet diese Entartung weiter fort, so erhalten wir einen Wassersack, der selbst die Ausbildung des Schädels hemmt. Berstet endlich die ganze Blase, so haben wir diejenige Mißbildung, welche man mit dem Namen der Anencephalie, der Hirnlosigkeit, des Katzenkopfes bezeichnet. Das große und das kleine Gehirn mangeln größtentheils oder gänzlich. Einzelne Hautstücke sind statt des Schädeldaches und des oberen Theiles der Hirnhäute vorhanden. Die Augen treten kugelig hervor, weil das Dach der Augenhöhle zu niedrig ist. Spaltungen der Wirbelsäule gesellen sich häufig hinzu. Ist noch das Rückenmark mit dem verlängerten Mark vorhanden, so können diese Geschöpfe einige Zeit nach der Geburt leben. Sie sterben aber meistentheils nach 1 bis 18 Stunden, selten später. Die Erzählungen, nach denen Kinder trotz der völligen Abwesenheit des verlängerten Markes geathmet haben, gehören wahrscheinlich in das Reich der Fabeln.

[1]) H. Holland, Bemerkungen und Betrachtungen aus dem Gebiete der Medicin. Uebersetzt von J. Wallach. Heidelberg u. Leipzig 1840. 8. Abth. I. S. 167—84.
[2]) Wigan, The Duality of the Mind. London 1844. 8.

Man sieht leicht, daß der innere Wasserkopf schon im Fötusleben ent- 4584
stehen kann. Die Ergüsse hemmen dann die Ausbildung einzelner Hirn-
theile. Die Streifenhügel, die Sehhügel treten dabei nicht selten unvoll-
kommener hervor. Die Mark- und die Rindenmasse des Gehirns bieten
einen geringeren Umfang dar. Es können sich aber auch beträchtliche
Wassererergüsse im Kindesalter erzeugen. Stumpfsinn folgt dann in der
Regel nach. Lähmungen oder wenigstens beträchtliche Störungen der Be-
wegungsverhältnisse pflegen jene Entartungen zu begleiten. So oft auch
die geistigen Fähigkeiten leiden, so stößt man doch bisweilen auf wesent-
liche Ausnahmen. Es ist mir z. B. ein Fall bekannt, in dem ein 12jäh-
riger wasserköpfiger Knabe an den Gliedern gelähmt war. Seine Geistes-
fähigkeiten blieben aber noch so rege, daß man sich vollständig mit ihm un-
terhalten konnte.

Personen, die in ihrer Kindheit blödsinnig geworden, besitzen häufig 4585
keinen Schädel von sehr großem Umfange. Während er in den Wasser-
köpfen an einzelnen Stellen knorpelig bleibt und an anderen nur seine
Knochenwände darbietet, finden wir hier eher das Gegentheil. Die Fon-
tanellen verknöchern bisweilen früher, als sonst. Der feste Schädel hin-
dert jede übermäßige Ausdehnung. Die Leichenöffnungen ergeben später,
daß dessenungeachtet innere Hirnwassersucht vorhanden war. Erweichun-
gen einzelner Stellen des Gehirns, Hydatidenbildungen in den Aderge-
flechten und andere Entartungen können sich hinzugesellen. Die sogenann-
ten Cretins und Halbcretins liefern häufig genug die mannigfachsten
Belege für diese Gattung von Entartungen.

Da der Name des Cretins für die verschiedenartigsten, aus den Kinderjahren stam-
menden Formen des Blödsinnes gebraucht wird, so müssen auch die Ergebnisse der Lei-
chenöffnungen in hohem Grade wechseln. Vergleicht man die älteren, von Thieme [1])
zusammengestellten Angaben, so waren Wassererergüsse an der Oberfläche des Gehirns oder
in den Hirnhöhlen in den von Ipfhofen und Seiler, Schiffner, Autenrieth
und Laubreiß untersuchten Cretins vorhanden. Stahl [2]), welcher viele Erfahrungen
nach eigenen und fremden Untersuchungen zusammengestellt hat, findet als Endergebniß,
daß die Schädelverhältnisse eine große Reihe verschiedener Abweichungen in Form, Größe,
und Bau darbieten können. Die Knochen des Schädels haben häufig ihre Diploe an
einzelnen Stellen verloren oder eine auffallende Dicke angenommen. Die Kranz- und die
Pfeilnath verwachsen bisweilen. Es kommt umgekehrt vor, daß überzählige Zwischen-
knochen vorhanden sind, oder daß die Verknöcherung nicht vollständig durchgegriffen hat.
Die Knochenfortsätze, vorzüglich der Zitzenfortsatz bleiben verkümmert. Man findet selte-
ner, daß einzelne Durchmesser des Schädels auffallend klein und andere größer ausfallen.
Ein flacher zusammengedrückter Schädel mit breiter oder hoher Gesichtsbildung kommt
häufiger vor. Die Zuckerhutform scheint sparsam aufzutreten. Der innere Wasserkopf
höherer Grade verräth sich oft durch das Uebergewicht des Schädeltheiles über den Ge-
sichtstheil des Kopfes. Die Räume für das Gehirn, vorzüglich für die vorderen und die
hinteren Großhirnlappen, bieten zahlreiche Abweichungen in Größe und Lage dar. Man
bemerkt nur in selteneren Fällen, daß das Gehirn im Ganzen an Umfang abgenommen
hat. Eine Verkümmerung einzelner Theile, vorzüglich der vorderen oder der hinteren

[1]) O. Thieme, Der Cretinismus. Eine Monographie. Weimar 1842. 4. S. 18 — 21.
[2]) K. Stahl, in den Verhandlungen der k. Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher. Bd. XXI. Bonn 1845. 4. S. 347 — 68 und Neue Beiträge zur Physiognomik und pathologischen Anatomie der Idiotia endemica (genannt Cretinismus). Erlangen 1848. 4. S. 68 fgg.

Gehirnlappen läßt sich häufiger nachweisen. Wasserergüsse in den erweiterten Hirnhöhlen oder Erweichungen an einzelnen Stellen der Oberfläche sind in den meisten Fällen vorhanden. Das große Gehirn überdacht bisweilen nicht das kleine vollständig. Ist das Hinterhauptsloch verengt, so kann das verlängerte Mark bandartig verdünnt erscheinen.

Ich habe bis jetzt drei Gehirne von sogenannten Cretins zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Diese Fälle zeigten keine wesentliche Abweichung der äußeren Oberfläche. Die Halbkugeln des großen Gehirns besaßen ihre gewöhnlichen, an beiden Seiten unsymmetrischen Windungen. Die Blätter des kleinen Gehirns waren in reichlicher Menge vorhanden. Alle drei Fälle verriethen aber deutlich, daß die Cretins an innerer Gehirnwassersucht gelitten hatten.

Das Gehirn eines 2jährigen Knaben, dessen Stumpfsinn schon zur Zeit der ersten Geistesentwickelung bemerkt worden war, wog 407 Grm., nachdem es einige Zeit in Weingeist gelegen hatte. Das vergleichungsweise geprüfte Weingeistgehirn eines halbjährigen Kindes ergab 465 Grm. Das Vorderhorn des großen Gehirns schien keine Abweichung darzubieten. Das Hinterhorn zeigte dagegen jederseits eine auffallende Größe. Es reichte bis nahe an das Ende des Hinterlappens und bot keine Wülste irgend einer Art dar. Die obere Hälfte des Unterhornes nahm an der Erweiterung ebenfalls Theil. Die Streifenhügel, die Sehhügel, die Ammonshörner und die Fimbrien waren scharf ausgesprochen.

Die Hinterhörner eines zweiten Cretins hatten einen ungewöhnlich großen Umfang. Sie reichten sehr weit nach hinten. Die Gegend des linken Streifen- und Sehhügels war größtentheils erweicht. Der Schwanz des Streifenhügels lag wie frei präparit in der zerflossenen Nachbarmasse da.

Jede der beiden Seitenhöhlen einer 12jährigen Cretine hatte einen auffallend großen Umfang. Die Dünne der inneren Hirnwand und die Leichtigkeit, mit der man sie zurückschlagen konnte, erinnerte in mancher Hinsicht an embryonale Verhältnisse. Das Vorderhorn dehnte sich in einen langen Blindsack nach vorn und das sehr weite Hinterhorn nicht minder nach hinten aus. Das ebenfalls vergrößerte Unterhorn schien im Ganzen regelrecht zu verlaufen. Da ich das Gehirn in Brandtwein zugesandt erhielt, und der Balken und das Gewölbe auf der Reise eingerissen waren, so konnte ich die räumlichen Beziehungen der dritten Hirnhöhle nicht sicher beurtheilen. Die sylvische Wasserleitung hatte dagegen eine beträchtliche Weite. In der Mitte des kleinen Gehirns fand sich ein eigener Ventricularraum vor. Die Streifenhügel erschienen klein und platt, die etwas stärkeren Sehhügel niedrig, die Vierhügel dagegen groß und im Ganzen regelrecht. Die Oliven traten noch stark hervor. Die linke hatte einen starken Nebenwulst, welcher der rechten fehlte. Das Weingeistgehirn wog 580 Grm.

Die Schädelformen der Cretins, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte, wechselten in bedeutendem Grade. Zuckerhutgestalten kommen jedenfalls seltener vor. Man bemerkt dagegen häufig, daß besonders der Mitteltheil des ungefähr kugeligen Schädels seitlich verhältnißmäßig aufgetrieben ist. Der Hinterhauptstheil scheint in anderen Fällen beträchtlicher hervorzustehen. Die Angabe, daß das zerrissene Loch hier, wie in Wahnsinnigen an Umfang abnehme, bedarf noch sehr der Bestättigung.

Da die Hirngebilde viele körperliche Thätigkeiten eben so gut, als die geistigen Eigenschaften bestimmen, so kann es nicht befremden, daß beide Gattungen von Wirkungskreisen in den Cretins leiden. Unglückliche der Art, die noch gröbere Arbeiten verrichten können, bewegen sich in der Regel auf eine sogleich in die Augen fallende eigenthümliche Weise. Es fehlen die Sicherheit und die Anmuth, welche die Haltung des geisteskräftigen Menschen begleiten. Der Körper schreitet schwerfällig fort. Er schwankt häufig pendelartig von einer Seite zur anderen. Die Füße fallen oft wie schwere Gewichte herab. Die Arme folgen dem Wechsel des Schwerpunktes passiv nach. Der Kopf beugt sich in Einzelnen unstät nach vorn. Andere halten ihn zwar aufrecht, allein die ganze Stellung verräth die Gleichgiltigkeit, die aus der Geistesbeschränkung hervorgeht. Es kommt seltener vor, daß Halbcretins ihren Kopf aufrecht tragen, und scheinbar mit Stolz, von dem aber ihr spärlich erleuchtetes Innere Nichts weiß, einherschreiten. Hat sich ihr Körper krankhaft entwickelt, so bemerkt man sogleich die Unregelmäßigkeit ihrer Kopfbildung, die affenartige scheinbare Länge ihrer Arme, die Verkrümmung ihrer Beine und die meist regelwidrige Haltung ihres Oberkörpers.

Der Gesichtsausdruck leitet am Sichersten in den niederen Graden des Cretinis-

mus. Das geistlose Auge, die erschlafften Züge und die Ruhe des Mienenspieles verrathen bald die Geistesarmuth, die dem bisweilen nicht mißgebildeten Körper eigen ist. Haben bedeutendere Gehirnfehler den Organismus tiefer erschüttert, so sind es vorzugsweise die Kopfgebilde, die dem ganzen Menschen etwas Abschreckendes verleihen. Die wulstigen Lippen, der weite Mund, die schlechten Zähne, das Uebergewicht des Gesichtes oder der Kiefer, die vorspringende mit knolligem Untertheile versehene Nase, die kleinen, nicht selten schief geschlitzten Augen, der stiere Blick, das blasse, oft faltenreiche nichtssagende Angesicht, die niedere zurückweichende Stirn, der spitze oder unregelmäßig gebildete Schädel, das struppige unordentliche Haar liefern ein Gesammtbild, das eher Widerwillen, als Mitleid erregt. Können noch Geistesregungen durch Mienenspiele ausgedrückt werden, so fehlt das gehörige Maaß, welches die wahre Anmuth erzeugt. Die Freundlichkeit artet daher in ein unangenehmes grinsendes Lachen, der Zorn in eine thierische oder in eine ausdruckslose Gesichtsverzerrung aus. Es ereignet sich auch, daß das Antlitz einen Zug von Tücke, von Trübsinn oder von Stolz fortwährend zu bewahren scheint, obgleich diese Geistesregungen selten oder nie wahrhaft vorhanden sind. Manche nehmen eine glückselige Miene an, als hätte sie die Unfähigkeit der Geistesthätigkeit von den Leiden, welche diese mit sich führt, völlig befreit.

Sprachmängel treten schon in den Anfängen des Cretinismus häufig hervor. Menschen, die noch der Gesellschaft dienen können, welche die geistigen Arbeiten nur schwerfälliger, als Gesunde verrichten, reden oft lallend und undeutlich. Es ereignet sich bisweilen, daß sich Jünglinge der Art geschlechtlich nur unvollkommen entwickeln und daß daher eine feine, leicht überspringende Stimme den Fehler vergrößert. Ein rauher heiserer Klang der Töne findet sich in Anderen vor. Halbcretins, die noch Landarbeiten und ähnliche Dienste verrichten können, sprechen oft so undeutlich, daß sie nur von ihren Verwandten verstanden werden. Man bemerkt bald, daß die Zunge die gewöhnliche Beweglichkeit nicht besitzt. Die Anstrengung, die das Reden verursacht, bedingt häufig eine lebhaftere Aussonderung der Mundflüssigkeiten, welche die lallende Zunge in reichlichem Maaße umspülen. Höhere Grade des Cretinismus sind mit Sprachlosigkeit und oft mit Taubstummheit verbunden. Die Kranken können höchstens einzelne unvollkommene und widerliche Laute hervorstoßen.

Die Augen scheinen unter allen Sinneswerkzeugen am Wenigsten zu leiden. Sie rollen nur in seltenen Fällen unstät umher. Es kann die geistige Verarbeitung des Gesehenen mangeln. Es kann sich ereignen, daß Cretins mit besonderer Vorliebe in die Sonne starren. Allein Fehler der Sehorgane selbst gehören nicht zu den eigenthümlichen Merkmalen des Cretinismus. Man bemerkt dagegen häufig, daß solche Unglückliche für Gerüche gleichgültig sind, daß sie durch ihre Unreinlichkeit nicht belästigt werden oder selbst mit einem gewissen Wohlgefallen im Schmutze wühlen. Eben so verzehren sie oft die widerlichsten Gegenstände oder Dinge, die gar keinen eigenthümlichen Geschmack besitzen. Man kann jedoch nicht behaupten, daß das Geschmacksvermögen immer erloschen ist. Menschen, die schon an einem hohen Grade von Cretinismus leiden, können noch deutlichen Widerwillen bei der Einnahme bitterer Körper verrathen. Sie besitzen in der Regel ein sehr stumpfes Tastgefühl und ertragen Verwundungen aller Art mit auffallender Gleichgültigkeit. Es ereignet sich sogar, daß fast thierische Cretins Glasscherben in den Schuhen zu tragen lieben oder sich durch häufige Verbrennungen nicht stören lassen, die wärmsten Stellen des Ofens aufzusuchen.

Die höchsten Grade des Cretinismus sind mit fast völliger Unthätigkeit des Geistes verbunden. Das unglückliche Geschöpf liegt in seinem Schmutze, auf dem Lager, das durch seinen Harn und seinen Koth fortwährend verunreinigt wird, ruhig da. Es verlangt selten nach Nahrung, muß häufig von fremder Hand, gleich einem hirnlosen Wesen gefüttert werden und kennt nicht die Menschen, die es in seinem hilflosen Zustande erhalten. Grinsen oder Weinen bezeichnen höchstens die unangenehmen Gefühle, welche das unglückliche Geschöpf hin und wieder heimsuchen. Ist auch die geistige Kraft in anderen Fällen weniger tief gesunken, so fehlen doch alle höheren Regungen. Trägheit und Unbehilflichkeit verrathen sich selbst in dem beschränkten Denkkreise, der noch dem Menschen gestattet ist. Furcht und Mißtrauen begleiten häufig alle seine Entschlüsse und ein gewisser Grad von Tücke viele Handlungen, die er unbemerkt einzuleiten sucht.

Die Nahrungseinnahme und die Geschlechtsthätigkeit erreichen bisweilen eine bedeutende Höhe selbst in den verkümmertesten Geschöpfen. Cretinen werden nicht selten ge-

schwängert, ohne daß sie sich in der Folge des Beischlafes erinnern oder den Vater des Kindes anzugeben wissen. Eine große Geilheit, verbunden mit einem auffallenden Umfange des männlichen Gliedes kommt bisweilen in männlichen Cretins vor. Jedes der beiden Geschlechter treibt hin und wieder Selbstbefleckung.

Die Ernährungserscheinungen können die größten Verschiedenheiten darbieten. Sind die Glieder unbeweglich und verkrümmt, so findet man sie häufig in hohem Grade abgemagert. Es kommt aber auch das Umgekehrte vor. Es ist mir z. B. ein Fall bekannt, in dem ein mit einem unförmlich großen Kopfe versehener Cretin, der, an seinen Gliedern gelähmt, gefüttert werden mußte und dessen geistige Fähigkeiten gänzlich darniederlagen, einen fast colossalen Umfang erreicht hatte. Der Vater desselben war ebenfalls ein stattlicher Mann gewesen. Halbcretins, die noch zu bürgerlichen Beschäftigungen gebraucht werden können, haben oft kräftige Glieder. Sie zeigen dagegen die bleibenden Ueberreste früherer Skrophelleiden in anderen Fällen.

Es ergiebt sich aus dem oben Dargestellten, daß man die Formen des Blödsinnes, welche aus zufälligen Nervenkrankheiten des frühesten Kindesalters hervorgegangen sind, nur bedingungsweise oder gar nicht zum Cretinismus rechnen sollte. Läßt man diese Leiden bei Seite, so müßten nur diejenigen Abweichungen, die von angeborenen Hemmungsbildungen oder regelwidrigen Entwickelungen des Hirns in den Kinderjahren herrühren, hierher gezogen werden. Diese Arten des Cretinismus erben sich häufig familienweise fort. Wie ein schwindsüchtiger Vater ein kränkliches Kind trotz einer gesunden Mutter erzeugen kann, so findet etwas Aehnliches bei dem Cretinismus Statt. Es ereignet sich hier bisweilen, daß das eine Glied der Eltern nur in geringem Grade geistesbeschränkt ist und nichts desto weniger ganze Reihen von cretinartigen Geschöpfen in höheren, wie in niederen Ständen aus jener unglückseligen Verbindung hervorgehen.

Man glaubte hin und wieder bemerkt zu haben, daß Eltern, die während des Beischlafes betrunken waren, cretinartige Kinder erzeugen. Sollte sich diese Angabe bestättigen, so könnte sie höchstens für diejenigen Gebirgsgegenden, in denen der Cretinismus heimisch ist, gelten. Ebenen, in welchen viel Brantwein genossen wird, liefern dessenungeachtet keine Cretins. Da diese und der Kropf in Gebirgsthälern häufiger vorkommen, so hat man nicht selten die Kropfbildung als einen nothwendigen Begleiter des Cretinismus angesehen. Man kann sich aber leicht überzeugen, daß dieses nicht der Fall ist. Vergl. auch Bd. I. §. 190.

4586 **Obgleich die Ausbildung des Gehirns mit der Entwickelung der Seelenkräfte in innigster Beziehung steht, so fehlt doch noch jeder sichere Anhaltspunkt, um dieses Wechselverhältniß in seinen Einzelheiten zu verfolgen. Der Kopf eines geistreichen Menschen kann freilich von dem eines blödsinnigen Mikrocephalen mit Leichtigkeit unterschieden werden, weil hier die Gesammtmassen gewichtvoll in den Vordergrund treten. Verlassen wir aber die äußersten Gegensätze, so haben wir kein Merkmal, das uns nach den anatomischen Verhältnissen auf die möglichen Thätigkeitsgrade schließen ließe.**

Der Versuch, die geistigen Neigungen nach den Körperverhältnissen zu bestimmen, liegt so nahe, daß die mannigfachen Bemühungen, welche auf diesem Gebiete auftauchten, nicht befremden können. Die Physiognomik, die Phrenologie und die Craniostopie bildeten die Hauptwege, die zum Ziele führen sollten.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Gesichtsausdruck viele Regungen des Innern verräth. Der Besuch der Strafhäuser kann auch ein minder geübtes Auge in dieser Hinsicht belehren. Ein aufmerksamer Beobachter wird bald finden, daß gewisse fortwährend thätige Einflüsse einen bleibenden Eindruck in dem Antlitze hinterlassen. Einzelne Menschen, vorzüglich Frauen, die an Nervenverstimmungen oder den unabänderlichen Gebrechen leiden, erhalten einen düstern Zug, vorzüglich um die Lippen, der sie dem Kenner sogleich verräth. Der Frömmler nimmt nicht selten eine eigenthümliche Physiognomie an. Die den verschiedenen Völkern eigene Geistesrichtung spiegelt sich häufig in ihrer Gesichtsbildung und in ihrem Mienenspiel ab. So wahr dieses alles ist, so wenig

eignen sich solche Verhältnisse zu einer wissenschaftlichen Auffassung. Da der Eindruck nur von dem Gesammtbilde abhängt, da man die Einzelheiten, aus denen er hervorgeht, auf keine sicheren Grundlagen zurückführen kann, so fehlt auch der Boden, auf dem eine ernstere wissenschaftliche Forschung fußen könnte. Es hängt hiermit zusammen, daß der physiognomische Ausdruck mehr Gefühls- als Verstandessache ist, daß die Einbildungskraft den größten Spielraum auf diesem Gebiete gewinnen kann und daß häufig genug die Urtheile verschiedener Menschen in hohem Grade abweichen. Hierzu kommt noch, daß sich die Typen der Gesichtseigenthümlichkeit sehr ungleich ausdrücken, und daß der Wettstreit der mannigfachen Geistesregungen, die Gewohnheit und die Ernährungsverhältnisse die Schärfe des Ausdruckes verändern, oder sogar aufheben.

Die Gall'sche Phrenologie fußt auf einer Reihe von Voraussetzungen, die der Physiolog nicht zugeben kann. Die verschiedenen geistigen Kräfte sollen sich an der Oberfläche des Gehirns und diese wiederum an der des Schädels verrathen. Dieses setzt von vorn herein voraus, daß die Höcker, welche der Schädeloberfläche entsprechen, nur den Abdruck der Unebenheiten des Gehirns darstellen. Man hat sich zwar bemüht, die Richtigkeit dieser Annahme durch Schädelmessungen zu erhärten [1]). Allein die ungleiche Dicke der Mark- und der Rindenmasse, die Glätte der Außen- und die Unebenheit der Innenfläche, die Einschaltung der Stirnhöhlen, die Gleichheit der äußeren Seite, während Pacchionische Drüsen die innere Fläche aushöhlen, können schon hinlänglich zeigen, daß die Uebereinstimmung an allen Stellen unmöglich wiederzukehren vermag, daß sie an vielen Orten, welche die Phrenologen zu ihren Prüfungen benutzen, nicht vorhanden ist. Dazu kommt noch, daß der Schläfenmuskel, die Augen und andere Kopfgebilde manche Punkte, auf die ein großes Gewicht gelegt wird, ganz unzugänglich machen. Künstliche Verschiebungen der einzelnen Schädeltheile, wie sie in manchen wilden Völkern vorkommen, schaden nicht nothwendiger Weise den Geistesthätigkeiten.

Lassen wir aber auch dieses bei Seite, so hält sich die Phrenologie nur an einen Theil der äußeren Oberfläche des Gehirns. Die Stücke, welche an der Grundfläche, weiter nach innen oder in der unmittelbaren Nähe der Hirnhöhlen liegen, werden nicht berücksichtigt. Wir haben aber schon früher gesehen, daß hier mindestens eben so wichtige, wo nicht wichtigere Theile angebracht sind.

Die Behauptung, daß die Oberfläche eine Reihe neben einander gelagerter Einzelwerkzeuge darbietet, beruht auf keinem sicheren Beweise. Die Anatomie sowohl, wie die Physiologie zeugen gegen diese Vorstellung. Die vergleichend anatomischen Erscheinungen, die man im Anfange zu Hilfe gezogen, haben ihren Werth durch die genauere Erforschung des Schädels und des Gehirns der Thiere schon längst eingebüßt. Die Leichenöffnungen bieten auch nicht entfernt eine Vertheilung der Hirnorgane in der von den Phrenologen angenommenen Vielseitigkeit dar. Die angeblichen Erfahrungen beruhen auf Betastungen der äußeren Schädelformen, wie sie an Lebenden, an Gypsabgüssen oder an Todtenköpfen möglich sind, auf Ergebnissen, in denen die Phantasie eine nicht geringe Rolle spielt, auf Forschungen, in denen das Werkzeug, um welches es sich handelt, das Gehirn nämlich, in den seltensten Fällen geprüft worden. Bedenkt man überdies, daß die Eintheilung der Seelenvermögen, welche die Phrenologie annimmt, keinen innern Zusammenhang hat, nicht selten eine und dieselbe Geistesrichtung, wie z. B. den Sinn für mathematische Auffassung zersplittert, und Eigenschaften, die eine Folge der Erziehung sind, angeborenen Nothwendigkeiten zuschreibt, so kann es nicht befremden, daß jene Lehre nur bei Laien, nicht aber bei Fachkennern Eingang gefunden hat [2]).

Carus [3]) versuchte die Cranioskopie von einem anderen Standpunkte aufzufassen.

---

[1]) De Volkoff, Notice sur l'épaisseur du crane humain et sur l'appréciation du volume et de la configuration du cerveau. Paris 1847. 8. p. 1 — 14.

[2]) Vergl. G. H. Meyer, die Phrenologie vom wissenschaftlichen Standpunkte aus betrachtet. Tübingen 1844. 8. Retzius, in Müller's Archiv. 1848. S. 233—262.

[3]) C. G. Carus, System der Physiologie. Erste Auflage. Bd. III. Leipzig 1840. 8. S. 337 fgg. Dessen Grundzüge einer neuen und wissenschaftlich begründeten Cranioskopie. Stuttgart 1841. 8. Derselbe in Müller's Archiv. 1843. S. 149 fgg. C. G. Carus, Atlas der Cranioscopie (Schädellehre). Heft I. u. II. Leipzig 1843 bis 1845. 4. Vgl. dagegen Harleß, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. III. Abth. 2. S. 474 fgg.

Er ging von dem Gedanken aus, daß drei Schädelwirbel vorhanden sind, und daß diese den drei Hauptmassen des Gehirns entsprechen. Das große Gehirn vermittelt die höhere Einsicht, die Vierhügelgegend die Gefühle und das kleine Gehirn den Willen und die Triebe. Da die Ausbildung jener Nervenmassen und der zu ihnen gehörenden Schädelwirbel Hand in Hand gehen, so geben die Schädelmessungen einen Fingerzeig, welche Hauptrichtungen des Geistes vorzugsweise ausgebildet seien. Erinnern wir uns der Formverhältnisse des menschlichen Gehirns und der früheren Darstellung der Lebenserscheinungen desselben, so werden wir weder die Grundlage dieser Auffassungsweise für richtig anerkennen, noch zugeben dürfen, daß z. B. der Durchmesser des Mittelhauptes über etwas Anderes, als über das große Gehirn Aufschluß gebe. Die Bemühungen von Carus haben aber dessenungeachtet das wesentliche Verdienst, daß sie eine Reihe von Schädelmessungen, und so wenigstens einen thatsächlichen Stoff liefern, der für künftige Forschungen von Nutzen sein kann. Es ist nämlich möglich, daß Tausende von Maaßbestimmungen der Art, die mit Vergleichung der Geistesanlagen, der Körpergröße und anderer Nebenverhältnisse durchgeführt werden, zu einigen Wahrscheinlichkeitsschlüssen auf statistischem Wege berechtigen könnten. Die Folgerungen, die man auf diese Weise erhielte, würden aber auch nicht auf allgemein gültige Gesetze Anspruch machen können, weil die Größenverhältnisse des gesunden Hirns und Schädels die geistigen Fähigkeiten nicht ausschließlich bestimmen und manche Krankheiten den Umfang und selbst das Gewicht erhöhen, und nichts desto weniger die geistigen Thätigkeiten des Gehirns untergraben können.

4587 Schlaf und Traum. — Der Mensch und viele oder vielleicht alle Thiere können die äußeren Eindrücke nicht fortwährend aufnehmen und die Befehle ihres Willens nach außen hin ununterbrochen geltend machen. Der Schlaf muß diese Thätigkeiten für eine Zeit lang hemmen, damit sich der Körper in sich selbst gleichsam zurückziehe, sich auf die Unterhaltung der Ernährungserscheinungen und unmächtige Geistesspiele beschränke und neue Kräfte während dieser theilweisen Ruhe sammele.

4588 Die Sinne erlahmen, so wie die Schläfrigkeit die Oberhand gewinnt. Das Auge erkennt zwar noch die Bilder, die seine Netzhaut treffen. Allein diese erscheinen trüb, nebelig und unbestimmt. Die fernen Gegenstände schwinden vor den näheren oder beide verschwimmen wechselseitig, weil die Abstands- und die Größenverhältnisse nicht gehörig berücksichtigt werden. Das Ohr hört zwar noch die eindringenden Tonwellen. Es geht aber die Auffassung der Harmonie oder die Bedeutung der Sprachlaute nach und nach zu Grunde. Der Geruch und der Geschmack verlieren an Feinheit. Mäßige Tasteindrücke verfehlen ihre Wirkung. Es wird überhaupt die Brücke, welche die Sinnesempfindungen und die höheren Geisteskräfte sonst verbindet, allmählig abgebrochen. Der Mensch verfolgt z. B. die Buchstaben und die Zeilen eines Buches, ohne daß er den Sinn des Gelesenen auffaßt oder sich überhaupt dabei etwas Klares denkt. Er hört, daß Jemand mit ihm spricht, beantwortet jedoch die Fragen desselben unpassend oder gar nicht.

4589 Die Bewegungswerkzeuge unterliegen zwar größtentheils in entsprechender Weise. Wir stoßen aber hier auf manche Erscheinungen, die uns auf eine gewisse Ungleichheit der Erregungsverhältnisse schließen lassen. Das Gähnen, welches die Schläfrigkeit begleitet, kann nicht von einer einfachen Abspannung aller Elemente des verlängerten Markes abhängen. Es müssen hier vielmehr einzelne ein gewisses Thätigkeitsübergewicht über andere erhalten. Die Augendeckel sinken zwar herab, der Gesichtsausdruck

verliert die Lebhaftigkeit und das Wechselspiel, das er im wachen Zustande besaß, der Kopf fällt seiner Schwere gemäß nach vorn über. Allein der Rumpf und die Glieder können sehr verschiedenartige Haltungen darbieten. Es knicken zwar die Kniee in der Regel ein, die Arme hängen schlaff herab, der Mensch sinkt mit Leichtigkeit von selbst oder nach dem geringsten Anstoße um. Die Thatsache aber, daß auch Einzelne im Gehen schlafen können und die später zu erwähnenden Verhältnisse der Nachtwandler lehren deutlich, daß die Erschlaffung eines großen Theiles der Bewegungswerkzeuge zu den unveränderlichen Zeichen des Schlafes nicht gehört.

Die Thätigkeiten des Stoffwandels, deren Fortdauer die Natur dem 4590
Willenseinflusse entzogen hat, erhalten sich auch in dem schlafenden Geschöpfe. Der Ruhezustand scheint sogar manche von ihnen, wie die Verdauung, dadurch zu begünstigen, daß sie an Vollständigkeit gewinnen, weil sie an Geschwindigkeit verlieren. Die Herzschläge und die Athemzüge nehmen meist an Zahl ab. Diese vergrößern aber nicht selten ihre Tiefe und werden von Schnarchtönen begleitet. Die Art des Schlafes ändert übrigens die Verhältnisse in merklicher Weise. Der Rhythmus und die Stärke der Athembewegungen wechseln nicht selten vor dem Erwachen.

Obgleich der Schlafende für die äußeren Eindrücke mäßigen Grades 4591
völlig abgestorben ist, so hat er doch die Empfänglichkeit für stärkere Wirkungen nicht verloren. Dreierlei Erfolge können sich dann geltend machen. Es treten bloße Reflexbewegungen, die den Schlaf nicht stören, auf. Berührt man den Fuß mit der kalten Hand, so wird er an einen anderen Ort gelegt. Schläft der Mensch mit halboffenen Augen, so kann die Annäherung einer Kerzenflamme Bewegungen des Augapfels oder der Augendeckel nach sich ziehen. Ein höherer Wirkungsgrad besteht darin, daß der Mensch für den Augenblick erwacht, auf der Stelle aber von Neuem einschläft. Er wendet sich um, öffnet die Augen, reibt sich die Nase, macht einige Bewegungen mit den Lippen, den Kiefern oder dem Schlunde, gähnt ein oder mehrere Male, schläft aber alsdann weiter fort. Verhältnißmäßig heftigere Eindrücke bringen ihn endlich völlig zum Bewußtsein. Wie die Empfänglichkeit für äußere Einflüsse bei dem Einschlafen allmählig verloren ging, so kehrt sie auch jetzt von Neuem wieder. Der Mensch erwacht endlich gänzlich und genießt die Früchte der Erholung, so weit sie während der Ruhezeit möglich geworden sind.

Man kann häufig bemerken, daß die Gesichtseindrücke bei dem Ein- 4592
schlafen früher, als die Gehörempfindungen verloren gehen. Das Ohr des Erwachenden scheint auch seine Empfänglichkeit eher, als das Auge wieder zu gewinnen. Die Aufmerksamkeit auf die äußeren Verhältnisse fehlt in der ersten Zeit. Die Streckbewegungen des Körpers, die man häufig vornimmt, geben den Muskeln ihre frühere Spannung wieder.

Der Zustand der Geistesthätigkeiten übt häufig einen entschiedenen 4593
Einfluß auf die Verhältnisse des Schlafes aus. Geistige Aufregungen stören ihn sehr leicht. Ein gewisses gleichförmiges Denken, das Lesen eines Romans beseitigen nicht selten die Schlaflosigkeit. Hat man es sich vor

dem Einschlafen fest vorgenommen, so erwacht man häufig früher, als sonst und zwar zu einer beliebigen bestimmten Stunde. Befindet sich ein uns theuerer Kranker in unserer Nähe, so erweckt uns schon ein leises Geräusch desselben, während sonst stärkere Sinneseindrücke unbeachtet vorübergehen würden.

4594 Die Träume liefern den deutlichsten Beweis, daß gewisse geistige Thätigkeiten eben so gut, als die dem Stoffwandel dienenden Arbeiten fortdauern können. Stirbt die Empfänglichkeit für die äußeren Sinneseindrücke bei dem Einschlafen ab, so machen sich bisweilen subjective Sinnestäuschungen schon in dem halbwachen Zustande geltend. Bilder der verschiedensten Art drängen sich nicht selten auf. Manche sehen unbestimmtere Flammen- oder Farbenerscheinungen, Andere vollständige der Wahrheit entsprechende oder phantastische Gestalten. Diese kamen mir in meinen Kinderjahren häufig vor, während ich jetzt nur sehr selten von ihnen heimgesucht werde. Sie gleichen den Traumerscheinungen. Es ereignet sich bisweilen, daß ich durch solche Phantasiebilder aufgeschreckt werde und zusammenzucke. Ich habe aber dessenungeachtet das Bewußtsein, daß ich noch nicht eingeschlafen bin. Ich besitze noch einen gewissen Willenseinfluß, der entschieden wechseln kann. Ich vermag die Bilder durch beliebiges Erwachen zu verscheuchen. Subjective Gehörempfindungen, wie Sausen oder Ohrenklingen, gesellen sich in jenem Zustande bisweilen hinzu. Sie gewinnen jedoch nicht jenen Grad von Bestimmtheit, den die Gesichtserscheinungen so häufig darbieten.

4595 Diese Sinnestäuschungen liegen den Träumen ebenfalls zum Grunde. Die Phantasie spielt hier mit dem, was die frühere Erfahrung dem Geiste eingeprägt hat, auf das Lebhafteste, wahre und unrichtige Vorstellungen durchkreuzen sich in den mannigfachsten Bildern. Das unstäte Gedankenspiel eilt von einem Gegenstande zum anderen. Gefühle, die ihre richtige Würdigung im Wachen erhalten, führen hier zu den abweichendsten Auffassungen. Sie liefern häufig den Anfangspunkt der gesammten Erscheinungsreihe der Traumwelt.

Die Frage, ob der Schlafende immer oder nur zu gewissen Zeiten träumt, kann mit Sicherheit nicht entschieden werden. Es ist nur so viel gewiß, daß wir uns häufig genug keines vorangegangenen Traumes nach dem Erwachen bewußt sind. Hieraus folgt aber noch nicht, daß er wahrhaft mangelte. Mehrere Thatsachen deuten sogar darauf hin, daß nur die Erinnerung an das, was wir im Traume erblickt haben, geschwunden ist. Die Phantasie arbeitet im Schlafe meistentheils so unstät, daß der Geist von Vorstellung zu Vorstellung überspringt, kein Bild hinreichend festgehalten wird und deshalb alles häufig dem Gedächtnisse entfällt. Wir erinnern uns in der Regel nur derjenigen Traumerscheinungen, die uns angesprochen oder aufgeregt haben. Wir kennen meist nur die, welche uns kurz vor dem Erwachen heimsuchten. Es gehört gewiß zu den Seltenheiten, daß wir zwei verschiedene, in sich abgeschlossene Träume, zwischen denen wir nicht erwacht sind, im Gedächtnisse zurückbehalten. Es ereignet sich häufig, daß uns ein noch so lebhafter Traum nur bruchstückweise bekannt bleibt. Aeltere Leute, in denen die Lebhaftigkeit des Geistes oder das Gedächtniß abnimmt, glauben auch weniger zu träumen. Denkt ein Mensch über die Natur anhaltend der Träume nach, so pflegt er sich auch ihrer eher zu erinnern.

Manche Menschen wollten in ihrem Leben nie geträumt haben. Obgleich man mit Unrecht anzugeben pflegt, daß Lessing zu diesen Personen gehörte, so wird doch die

Thatsache überhaupt von einzelnen Andern entschieden betheuert. Berücksichtigen wir das, was eben über die häufige scheinbare Traumlosigkeit eines Jeden von uns gesagt worden, so kann jene Erscheinung keine höhere Bedeutung für die gesammte, uns beschäftigende Frage gewinnen.

Dürfen wir im Ganzen eher vermuthen, daß der Geist während des Schlafes fortwährend beschäftigt ist, so scheint es doch kaum einem Zweifel zu unterliegen, daß die Art der Traumerscheinungen in hohem Grade wechseln muß. Die Erfahrung, welche wir unter dem Einflusse unserer Sinne gewonnen haben, liefert das Material für jene Phantasiespiele. Es wird daher der Traum des zarten Säuglings inhaltsleer bleiben, er wird höchstens gewisse dunkele Vorstellungen des Körperbefindens enthalten. Kinder von zwei Jahren träumen schon häufig auf das Lebhafteste. Es kann bei ihnen, wie bei den Erwachsenen vorkommen, daß sie sich noch in den Verhältnissen, die ihnen im Traume erschienen, in den ersten Augenblicken des Erwachens zu befinden glauben. Sie haben aber in der Regel jede Erinnerung an die früheren Phantasiebilder späterhin gänzlich verloren.

Der Flug der Phantasie bewirkt es, daß die Maaße des Raumes und der Zeit die Traumerscheinungen weniger, als die wirkliche Welt beherrschen. Wir durchreisen große Länderstrecken mit Flüchtigkeit und überspringen Stunden, Monate oder Jahre, ohne daß uns diese Unmöglichkeiten irgendwie stören. Wir glauben bisweilen stundenlang gepeinigt worden zu sein, während wir kaum eine Viertelstunde geschlafen haben. Aehnliche Widersprüche kehren für unsere Handlungen wieder. Es kommt uns vor, als wenn wir die Lüfte durchsetzten oder andere Wirkungen ausübten, zu denen uns die Kraft oder der Wille mangelt. Wir begehen im Traume Albernheiten, von denen uns unser Verstand in wachem Zustande in allen Fällen abhalten würde.

Verfolgen wir aber die Traumerscheinungen genauer, so finden wir, daß ihnen häufig bestimmte Verhältnisse zum Grunde liegen, daß der Zufall und das ungeordnete Gedankenspiel auf keine ganz ungebundene Weise wirken. Die körperlichen Zustände bedingen häufig, was im Traume vorgeht. Eine kleine Unbequemlichkeit wird nur phantastisch ausgeschmückt und zu einer beängstigenden Erscheinung ausgesponnen. Wir liegen unpassend und glauben daher, daß wir gebunden sind, von einer Höhe herunterfallen, oder auf dem Boden dahingeschleift werden. Ein zu eng angelegtes Halstuch führt zu der Vorstellung des Erhenkens, ein Flohstich zu der des Erdolchens und ein Geräusch zu der eines gewaltsamen Einbruches. Wenn Menschen im Traume voraussehen, daß sie nächstens erkranken werden, so rührt dieses wahrscheinlich davon her, daß sich regelwidrige Gefühle, die im Wachen von den äußeren Eindrücken unterdrückt werden, im Schlafe geltend machen und entsprechende Traumvorstellungen veranlassen. Athembeschwerden liegen wahrscheinlich immer dem Alpdrucke zum Grunde.

Gewisse Grundgedanken, die dem Menschen seit lange geläufig geworden sind, kehren im Traume wieder. Die Persönlichkeit des Schlafenden spielt immer eine gewisse Rolle. Der Mann träumt sich nie als Frau, sehr selten als Knabe oder Jüngling und kaum je als Greis. Beschäftigungen, denen wir unser Leben gewidmet haben, Gemüthsbewegungen, zu denen wir gereizt sind, kehren häufig im Traume wieder. Ein Amputirter, der auf Krücken geht, träumt sich im Anfange häufig mit zwei Beinen und ohne Stütze, und später mit zwei Beinen und mit den Krücken. Ein Mensch, der vor Jahren erblindet ist, sieht im Traume. Ein Tauber glaubt darin im Anfange zu hören. Ein Taubstummer dagegen unterhält sich häufig mittelst der Fingersprache. Wir werden übrigens auf diese Punkte in der Untersuchung der allgemeinen Nervenverhältnisse zurückkommen.

Wir träumen zwar häufig von Dingen, mit denen wir uns kurz vorher im Wachen beschäftigt haben. Man stößt aber in dieser Hinsicht auf manche eigenthümliche Verhältnisse. Gegenstände, die uns kurz vor dem Einschlafen lebhaft in Anspruch nahmen, kommen oft im Traume nicht vor. Dieser bezieht sich aber bisweilen auf einen Gedanken, den wir ein oder zwei Tage vorher vorübergehend geäußert und später nicht mehr beachtet haben, so daß uns dessen Wiederkehr im Traume befremden muß. Andere Dinge, an die wir seit Jahren nicht dachten, knüpfen sich an jenen Ausgangspunkt und die Traumerscheinungen erneuern auf diese Weise die Vorstellungen, die wir im Wachen längst beseitigt glaubten.

Unsere Persönlichkeit theilt sich gleichsam im Traume. Wir unterhalten uns mit

einem Anderen und verbessern die Fehler, die wir jenem in den Mund legen, oder umgekehrt. Wir streiten und finden die richtigen Worte, um die Leidenschaften eines Jeden auszudrücken. Wir erfinden nicht bloß das Theaterstück, sondern vertheilen auch die Rollen in passender Weise.

Man hat häufig die Behauptung aufgestellt, daß einzelne Menschen geistige Arbeiten, denen sie im Wachen nicht gewachsen waren, im Traume leicht vollführten. Es wird erzählt, daß Manche im Schlafe aufstanden, Gedichte oder Abhandlungen wissenschaftlichen Inhaltes niederschrieben, in fließender Rede predigten, und dann zu ihrem Ruhelager, ohne zu erwachen, zurückkehrten. Andere sollen die Aufgaben, für welche ihre Kräfte im Wachen nicht ausreichten, im Schlafe gelöst haben. Lassen wir diese Angaben vorläufig auf sich beruhen, so ist so viel gewiß, daß sich hier viele Täuschungen einschleichen können. Man glaubt häufig ein schwieriges Problem im Traume beseitigt zu haben, und freut sich dieses glücklichen Endzieles. Ueberlegt man sich aber die Sache im wachen Zustande, so sieht man, daß die angebliche Lösung den größten Widersinnn in sich schließt.

Man muß nichts destoweniger zugeben, daß manche geistige Thätigkeiten einen günstigeren Boden im Traume finden. Ich sehe dann z. B. häufig auf das Deutlichste Personen, deren Gesichtsausdruck mir längst entschwunden ist. Ist dieses geschehen, so bleibt mir ihre Physiognomie auch im Wachen von Neuem gegenwärtig, zum Beweise, daß mich nicht etwa ein bloßes Phantasiespiel hintergangen hat.

Das Urtheil ist jedenfalls im Traume in der Regel beschränkter, als im wachen Zustande. Wir finden die unwahrscheinlichsten, ja selbst die abgeschmacktesten Dinge ganz in der Ordnung. Wir wundern uns nicht, wenn wir mit Personen, die längst gestorben sind, sprechen, mit entfernten Menschen in Verbindung treten, oder uns überhaupt mit Unmöglichkeiten jeder Art abgeben.

Die Traumvorstellungen wirken häufig genug auf die Körperzustände zurück. Der Mensch weint oder lacht, schlägt im Schlafe um sich, sucht sich aufzurichten, sein Speichel läuft im Munde zusammen, er schwitzt auf das Heftigste. Man bemerkt aber bald, daß die Handlungen des Schlafenden den nöthigen Zusammenhang oder die gehörige Kraft nicht besitzen. Ein ungeregeltes Schreien, unverständliche Laute ersetzen häufig die geordnete Rede, eine schwache Bewegung der Glieder, oder ein unpassendes Umherschlagen die beabsichtigten vollständigeren Bewegungen.

Der völlig räthselhafte Zustand des Nachtwandelns, an dem vorzüglich jüngere Personen, Frauen und nervenschwache Männner hin und wieder leiden, lehren deutlich, daß eine geregelte Bewegung trotz des Schlafes möglich bleibt. Der Kranke kleidet sich bisweilen an, geht mit geschlossenen Augen herum, wählt häufig gefährliche Pfade, findet die hiefür passenden Körperstellungen, trägt Gegenstände von einem Orte zum anderen, öffnet Schlösser und schließt Thüren oder Fenster, wenn er wieder zu seiner Ruhestätte zurückkehrt. Erwacht er später, so weiß er Nichts von dem, was er in seinem Schlafzustande vorgenommen hat. Wie der Blinde an den gefährlichsten Punkten ohne Scheu vorübergehen kann, weil ihn seine Augen von der Gefahr nicht unterrichten, so fällt erst der Nachtwandler, wenn er plötzlich erweckt wird. Der gesunde Mensch kann sich im Schlafe auf zweckmäßige Weise umwenden, an dem passenden Orte reiben, die Glieder aus einer unbequemen Lage in eine geeignetere Stellung bringen. Der Nachtwandler verbindet seine Bewegungswerkzeuge eben so geschickt, als der Erwachte.

Ausführliche Betrachtungen über die den Schlaf und die Träume begleitenden Erscheinungen finden sich in: H. Nudow, Versuch einer Theorie des Schlafes. Königsberg 1791. 8. K. F. Burdach, die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Zweite Auflage. Bd. III. Leipzig 1838. 8. S. 477 — 514 und Fr. Tiedemann, De somniis. Heidelbergae 1842. 4. Carpenter, in R. Todd, Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Part XXXV. London 1849. 8. p. 677 fgg. und vorzüglich Purkinje, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. III. Abth. 2. S. 412 fgg.

4596 Die Dauer des Schlafes verkleinert sich im Allgemeinen mit der Zunahme der Lebensjahre. Der Säugling verschläft den größten Theil seines Daseins. Haben sich später die Sinne und die Bewegungswerkzeuge stärker entwickelt, nimmt das Kind an den Verhältnissen seiner Umgebung selbstständiger Theil, so mindert sich die Zahl der Schlafstunden.

Gesunde kräftige Greise pflegen weniger, als Menschen von mittleren Jahren zu schlafen. Frauen können meist das Wachen leichter, als Männer ertragen.

Säuglinge wachen kaum eine oder wenige Stunden im Tage. Einige Lebensmonate führen hier zu beträchtlichen Unterschieden. Kinder von 3 bis 6 Jahren schlafen ungefähr eben so viel, als sie wachen; Erwachsene dagegen in der Regel nur 5 bis 10 Stunden. Die Zeit der Erholung verhält sich daher in diesen zu der der Thätigkeit, wie 1 : 1,4 bis 1 : 3,8. Der Schlaf von Greisen dagegen nimmt häufig nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ der Gesammtzeit in Anspruch.

Da jeder verletzende Eingriff den Schlaf der Thiere stört, so ist 4597
es auch unmöglich, den Zustand, in dem sich die inneren Körpertheile befinden, auf dem Versuchswege zu ermitteln. Wollte man das Gehirn des wachen Thieres bloßlegen und dann den Schlaf abwarten, so würde man die Folgen der Verletzung von den Wirkungen des Schlafes nicht genau unterscheiden können.

Die äußeren Erscheinungen deuten darauf hin, daß nicht alle Theile 4598
des centralen Nervensystems während des Schlafes zur Ruhe kommen. Da die Athmung fortdauert, so müssen die entsprechenden Werkzeuge des verlängerten Markes und des Rückenmarkes in Thätigkeit bleiben. Die ununterbrochene Zusammenziehung der Schließmuskeln führt zu einer ähnlichen Folgerung. Es fragt sich überdies, ob nicht die übrigen, dem Stoffwandel dienenden Thätigkeiten der Säugethiere viele Elemente des centralen Nervensystems zu ihrer ungehinderten Wirksamkeit nöthig haben. Die Träume sprechen anderseits für die Unruhe einzelner Hirngebilde. Der Schlaf hebt daher nur gewisse Verbindungsglieder, welche die Wirksamkeit nach außen in dem wachen Zustande möglich machen, auf. Er schwächt die Empfänglichkeit der objectiven Sinneseindrücke und die Willenseinflüsse, die sich sonst in den Bewegungswerkzeugen geltend machen. Er bricht gewissermaßen die Brücke zwischen einer Gruppe von Nervengebilden und einer zweiten ab. Die innere Mechanik, aus der dieses eigenthümliche Verhältniß hervorgeht, ist noch gänzlich unbekannt.

Der Vergleich mit anderen zugänglicheren Erscheinnngen liefert noch keine näheren Aufschlüsse über die Natur des Schlafes und der Träume. Man hat häufig den Zustand eines Thieres, dem die Großhirnhalbkugeln genommen worden, mit dem eines schlafenden Geschöpfes zusammengestellt. Beiderlei Verhältnisse zeigen allerdings eine gewisse äußere Aehnlichkeit. Sie beschränkt sich jedoch nur auf den Mangel der nach außen gerichteten Geisteswirkung und die Fortdauer der Einflüsse des verlängerten Markes und des Rückenmarkes. Es hängt von diesen Theilen in beiden Fällen ab, wenn der Kreislauf und die Athmung fortgehen, passende Gesammtbewegungen möglich bleiben, Empfindungsreize nicht selten stürmischer als sonst beantwortet werden. Wenn sich schlafende oder enthirnte Hunde einrollen, wenn Vögel, die sich in den gleichen Verhältnissen befinden, ihren Kopf unter dem Flügel verbergen oder auf einem Fuße stehen, so beweist dieses nur, daß einzelne Elemente des verlängerten Markes und des Rückenmarkes in beiden Fällen ähnlich wirken können. Es ist dagegen kaum zu glauben, daß sich die geistigen Thätigkeiten eines schlafenden und eines enthirnten Thieres gleich verhalten. Gesunde Hunde verrathen nicht selten durch ihre Körperbewegungen und ihre Stimmtöne, daß sie im Schlafe träumen. Enthirnte dagegen geben nie ein Zeichen der Art von sich. Der schlafende Hund beherrscht seine Bewegungswerkzeuge nach seinem Willensbefehle, wenn auch kraftloser, als im wachen Zustande. Er schlägt oft leise an,

brummt schwach oder regt in geringem Grade seine Beine, als wenn er fortspringen wollte. Der enthirnte Hund entwickelt seine volle noch übrig gebliebene Kraft, so wie ihn äußere Veranlassungen zu Bewegungen zwingen.

Die Erstarrung der niederen Geschöpfe und der Winter- oder der Sommerschlaf der Säugethiere können ebenfalls nicht genau mit dem Schlafe verglichen werden. Die äußeren Erscheinungen führen hier schon zu manchen nicht unbedeutenden Unterschieden. Der Kreislauf und die Athmung dauern im Schlafe fort. Die Schnelligkeit der Herz- und der Athembewegungen nimmt höchstens in untergeordnetem Maaße ab. Der Winterschlaf geht in dieser Hinsicht um Vieles weiter. Die Zahl der Herzschläge sinkt z. B. auf $^1/_4$ bis $^1/_7$ in den Fledermäusen und selbst auf $^1/_{10}$ bis $^1/_{14}$ in dem Hamster [1]). Wie das Athmen in dem höchstem Grade der Aetherbetäubung aufhört (S. 522.), während der Herzschlag noch fortdauert, so kann sich etwas Aehnliches in dem in Winterschlaf verfallenen Igel wiederholen. Liegt er völlig ruhig, so fehlt jede irgend stärkere Ein- und Ausathmung. Die geringste Erschütterung ist aber im Stande, sie auf der Stelle hervorzurufen. Die Eigenwärme sinkt in den winterschlafenden Säugethieren in dem Maaße, daß sie endlich die Temperatur der Umgebung nur um wenige Grade übertrifft und daher an die Verhältnisse der kaltblütigen Geschöpfe erinnert. Man hat überhaupt die verschiedenartigsten Erstarrungszustände, von denen fast jeder von dem gewöhnlichen Schlafe abweicht, unter dem Namen des Winterschlafes zusammengeworfen.

4599 Die äußeren Bedingungen, die den Schlaf begünstigen oder hemmen, deuten darauf hin, daß dieser von den Molecularzuständen einzelner Hirngewebe herrührt. Es hängt hiermit wahrscheinlicher Weise zusammen, daß ein heftiger Blutandrang nach dem Kopfe, der Genuß des Thees, des Kaffe's oder gebrannte Kaffebohnen [2]), aufregende Leidenschaften, anstrengende Körper- oder Geistesthätigkeiten, der Wille und lebhafte Tast- oder Schmerzenseindrücke den Schlaf hindern, die Ueberfüllung des Magens dagegen, gewisse Grade der Opium- oder der Blausäurevergiftung, der Genuß der verschiedenartigsten Stoffe, die Wirkungen des Weingeistes, des Aethers, Langeweile oder einseitige Beschäftigungen ihn eher begünstigen.

Wir haben schon §. 4598 bemerkt, daß wir den Schlaf als eine Unthätigkeit des gesammten centralen Nervensystems nicht betrachten können. Er hebt nur die Verbindung einzelner Kettenglieder, die sonst den Geist mit der Außenwelt in Beziehung brachten, auf. Die Erholung bildet dann eine mittelbare Folge dieser Unterbrechung. Wir können uns daher vorstellen, daß die Ermüdung oder die anderen Bedingungen, welche zum Schlafe führen, die Molecularverhältnisse einzelner Nervengebilde so ändern, diese so unstimmen, daß ihre gegenseitige Einwirkung aufgehoben oder geschwächt ist. Die Hirntheile, welche die geistigen Thätigkeiten vermitteln, greifen dann auch in anderer Weise in einander und erzeugen Sinnestäuschungen und Gedankenverbindungen, wie sie in ähnlicher Art nur im Wahnsinn auftreten.

Man bemerkt häufig, daß sich das Gesicht von fest schlafenden Kindern lebhaft röthet. Sind sie zu Krämpfen geneigt, so treten die Anfälle nicht selten im Schlafe ein. Diese Thatsachen führen zu der Vermuthung, daß sich die Verhältnisse des Kreislaufes wesentlich ändern. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob diese Erscheinungen die Ursache oder die Folge des Schlafes bilden. Da die Gesichtsfarbe der Kinder häufig erst, wenn sie eine Zeit lang geschlafen haben, wechselt, so können wir eher vermuthen, daß die stär-

[1]) Vgl. z. B. die Zusammenstellung der Einzelbeobachtungen in H. C. L. Barkow, Der Winterschlaf nach seinen Erscheinungen im Thierreiche dargestellt. Berlin 1846. 8. S. 290 — 92.

[2]) Purkinje, a. a. O. S. 422.

kere Blutzufuhr zum Kopfe von dem schon eingetretenen Schlafe bedingt wird. Fassen wir diesen als eine Molecularveränderung gewisser Nervengewebe auf, so bleibt es denkbar, daß hierdurch der Umfang der Hirnmasse abnimmt. Es werden dann mehr Flüssigkeiten in die geschlossene Schädelhöhle eindringen (S. 504). Es können die Carotiden und die Vertebralen größere Blutmengen nach und nach aufnehmen und so zur stärkeren Füllung der übrigen Kopftheile das Ihrige beitragen. Das Gesicht erwachsener Menschen pflegt im Schlafe blaß zu bleiben oder selbst seine gewöhnliche Röthe zu verlieren. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß auch hier die Gefäße des Schädels mehr Blut, als im wachen Zustande enthalten. Manche Winterschläfer, wie z. B. der Igel haben bisweilen das Gleiche dargeboten. Es ließ sich jedoch keine wesentliche Blutüberfüllung in anderen Fällen nachweisen, wie es scheint, ein neuer Beleg, daß die veränderten Blutverhältnisse als Folge und nicht als Ursache aufgefaßt werden müssen. Da der Schlafende weniger Kohlensäure ausscheidet, seine Ernährung dagegen nicht abnimmt, so läßt sich vermuthen, daß die feinere Mischung seines Blutes von der des wachenden Menschen abweichen wird.

Allgemeine Nervenlehre.

Verbreitung der peripherischen Nervenfasern. — Man 4600
hat es bis jetzt noch nicht versucht, die Zahl der Primitivfasern, die in allen Nervenwurzeln einer und derselben menschlichen Leiche vorkommen, abzuschätzen. Wir können aber, ohne zu übertreiben, annehmen, daß die Menge derselben nahebei eine Million beträgt. Die Hirnnervenwurzeln scheinen schon einen Werth von ein- bis zwei Mal Hunderttausend in Anspruch zu nehmen.

D. Rosenthal[1]) behandelte die einzelnen Hirnnerven, mit Ausnahme des Geruchs-, des Seh- und des Hörnerven mit Holzessig, trocknete sie und prüfte dann feine Querschnitte. Der Inhalt der Nervenfasern erschien hell, das Uebrige dagegen gelblich braun. Es konnten auf diese Weise größere oder kleinere Strecken abgezählt werden. Rosenthal fand hierbei:

Hirnnerv.	Menge der Primitivfasern in den Wurzeln desselben.		
	Mensch.	Ochse.	Schaaf.
Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv.	15000	30000	6000
Rollmuskelnerv.	11 bis 1200	1800 bis 2200	400 bis 600
Dreigetheilter Nerv.	9000 bis 10000	18000	4000 bis 4500
Aeußerer Augenmuskelnerv.	2000 bis 2500	4000 bis 4800	800 bis 10000
Antlitznerv.	4000 bis 4500	8500 bis 9000	2000
Zungenschlundkopfnerv.	4100 bis 4500	8100 bis 9100	1800 bis 2300
Herumschweifender Nerv.	9000	6500 bis 7050	—
Beinerv.	3300 bis 3900	8700 bis 8800	—
Unterzungennerv.	4500 bis 5500	9000	2000 bis 2200
Gesammtsumme.	52000 bis 57000	94600 bis 97900	—

[1]) D. Rosenthal, De numero atque mensura microscopica fibrillarum elementarium systematis cerebro-spinalis symbola. Vratislawiae 1845. 4. p. 13 — 22.

Diese neun Hirnnerven würden hiernach im Ganzen 104000 bis 114000 Fasern in Anspruch nehmen. Rechnen wir noch die drei höheren Sinnesnerven hinzu und bedenken, daß der Geruchs- und der Sehnerv sehr feine Fasern enthalten, so wird man es nicht übertrieben finden, wenn man mindestens 150000 Fasern allen Hirnnerven des Menschen zuschreibt.

Es muß in den oben mitgetheilten Angaben auffallen, daß der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv den größten Werth unter allen geprüften Hirnnerven liefert. Dieser Umstand kann um so eher befremden, als die Wurzeln anderer Hirnnerven umfangreicher erscheinen und der dritte Nerv eine größere Menge von breiten Fasern führt. Es frägt sich daher, ob nicht ein Nebenverhältniß jene Abzählungen störte. Bildet ein Nerv einen größeren zusammenhängenden Wurzelstamm, so kann man leicht feine Querschnitte bereiten und aus einem Bruchstücke auf das Ganze zurückschließen. Besteht er dagegen aus einer Menge von gesonderten Bündeln, so werden sich Irrungen leichter einschleichen.

4601 **Die Zahl der Nervenfasern kann sich während des peripherischen Verlaufes vergrößern. Die in einzelnen Organen nachweisbaren Theilungen der Primitivfasern, die nicht immer zu den Kunstproducten gehören, zeugen am Entschiedensten für diesen Ausspruch. Andere Erscheinungen dagegen, die man noch zu Gunsten jenes Satzes anführte, wie z. B. den einseitigen Ursprung von Primitivfasern aus Nervenkörpern, gestatten eine verschiedenartige Deutung.**

Man nahm früher allgemein an, daß die peripherischen Primitivfasern der Nerven vollkommen gesondert verlaufen. Physiologische Gründe, die wir später betrachten werden, unterstützten diese Ansicht. Neuere Beobachtungen lehrten aber, daß jenes Gesetz keine allgemeine Gültigkeit besitzt.

Joh. Müller und Bruecke [1]) sahen in den Augenmuskeln des Hechtes, daß sich die Primitivfasern mehrfach theilten. Savi [2]) bemerkte zahlreiche Gabelspaltungen in den Plättchen der elektrischen Organe des Zitterrochen. Diese Beobachtungen sind in der Folge von Robin [3]), R. Wagner [4]), Ecker [5]) u. A. bestättigt und erweitert worden. Robin [6]) fand, daß sich die Nervenfasern in den Platten des scheinbaren elektrischen Organes, welches in dem Schwanze des gewöhnlichen Rochen vorkommt, ebenfalls theilen. R. Wagner [7]) sah Spaltungen der Fasern in den Muskeln der Säugethiere und der Fische und in jenen und in der Bindehaut der Frösche. Ecker [8]) und Köllicker [9]) bemerkten sie in dem Magen des Kaninchen und der Frösche, den Lungen der letzteren und den Milznerven des Rindes und Kilian [10]) in den Nervenfasern, von denen manche vereinzelt, andere bündelweise zu der Gebärmutter von Mäusen, Eichhörnchen und Kaninchen hinüberstreichen. Die später zu erwähnenden Pacini'schen Körperchen führen häufig zu Theilungsbildern.

Anschauungen der Art sind mir ebenfalls nicht selten vorgekommen. Halten wir uns vorläufig nur an die Fälle, in denen der öligte oder markige Nerveninhalt deutlich verfolgt werden konnte, so müssen wir zwei verschiedene Verhältnisse unterscheiden:

---

[1]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. Vierte Auflage. Bd. I. Coblenz 1844. 8. S. 524.

[2]) Savi, in C. Matteucci, Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux. Paris 1844. 8. p. 321.

[3]) Robin, in den Annales des sciences naturelles. Zoologie. Troisième Série. Tome VII. Paris 1847. 8. p. 243 u. 267.

[4]) R. Wagner, in s. Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. I. S. 382 fgg.

[5]) Ecker, in Siebold u. Köllicker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. I. Leipzig 1848. 8. S. 39.

[6]) Robin, a. a. O. p. 267.

[7]) R. Wagner, a. a. O. S. 462 fgg.

[8]) Ecker, bei R. Wagner, a. a. O. S. 462.

[9]) Köllicker, in den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Heft II. 1847. 8. S. 92.

[10]) Kilian, in Henle u. Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. VII. Heidelberg 1848. 8. Seite 222.

1) Der Nerveninhalt setzt sich in die Zweige ununterbrochen fort. Man sieht dieses am Häufigsten in den Augenmuskeln der Fische und bisweilen in denen der Frösche. Corti und ich bemerkten es auch in den Plättchen der elektrischen Werkzeuge von Zitterrochen (Torpedo narke und T. Galvanii), welche ungefähr 6 bis 7 Tage vorher im Mittelländischen Meere gefangen und mit Salz bestreut nach Bern gesandt worden waren. Ein Stamm trennte sich hierbei in zwei Aeste, wie Kupfertafel Figur 1. aus den oberen geraden Augenmuskeln der Flußforelle (Salmo fario) darstellt, oder er zerfällt in ein Büschel von Aesten, wie es Kupfertafel Fig. 2. aus der Nase (Chondrostoma nasus Ag.) zeigt. Man kann in der zweiten Abbildung deutlich unterscheiden, wo eine Nervenfaser nur über der anderen hinweggeht oder wo eine wahre Spaltung durchgreift. Hülle und Nerveninhalt laufen in dem letzteren Falle ununterbrochen fort.

Diese Spaltungen spielen wahrscheinlich eine nicht unbedeutende Rolle in dem Nervensysteme vieler wirbelloser Geschöpfe. Der Flußkrebs liefert in dieser Hinsicht viele deutliche Bilder. Untersucht man z. B. die Aeste, die von dem Schwanztheile des Ganglienstranges ausgehen, so bemerkt man nicht selten Verzweigungen, wie Kupfertafel Fig. 3 *b c d* unmittelbar und *e* etwas verdeckt vorführt. Diese Theilungen wiederholen sich bisweilen, so wie man den ferneren Verzweigungen nachgeht. Man erblickt auch hin und wieder, daß Nervenfasern, die in dem Ganglienstamme selbst verlaufen, Seitenzweige aussenden, wie es Kupfertafel Fig. 4 darstellt. Die Nebenäste sind meist schmäler, als der Hauptstamm. Es kommt jedoch auch vor, daß beide fast denselben Durchmesser darbieten.

2) Der öligte Inhalt der Nervenfasern ist an der Theilungsstelle unterbrochen. Kupfertafel Fig. 5, welche den Nervenverlauf eines mit Kalilösung heller gemachten Stückchens der Haut der Harnblase des Frosches zeigt, kann uns zwei Formen, denen man hier begegnet, versinnlichen. Die Faser *a* Fig. 5 zerfällt in zwei Gabeläste *b* und *c*. Der Nerveninhalt jeder der drei Fasern hört aber an der Theilungsstelle abgerundet oder zugespitzt auf. Die Faser *d* dagegen hat zwei andere Fasern *e* und *f* zu beiden Seiten. Diese werden von *d* durch markloše Zwischenräume geschieden. Der erste dieser beiden Fälle findet sich bei Weitem häufiger. Ich sah ihn z. B. noch in den Bauchfellfalten, die sich nach der Harnblase eines sehr großen weiblichen Kaninchens hinzogen, in den ausgebreiteten und mit Kali etwas durchsichtiger gemachten Bronchis der Mäuse, in der hautartig ausgespannten Zunge, der Kehlblase, den Lungen, dem Harnblasengekröse, der Harnblase und dem Mastdarme von Fröschen. Man erhält häufig Bilder der Art, wenn man das Präparat mit Nadeln ausgespannt und mit bloßem Wasser befeuchtet hat.

Zeigt der Nervenzweig nur eine einzige Primitivfaser, so fällt die Theilung am Leichtesten in die Augen. Man kann aber auch bisweilen eine Faservermehrung in dünneren Aesten unmittelbar und in dickeren nach ihrer Zertheilung zu bemerken glauben. Bilder der Art begegneten mir z. B. zwei Mal in der Hornhaut des Kaninchens und mehrere Male in den Nerven des Harnblasengekröses der Kaninchen und der Frösche. Zweifelhaftere Anschauungen lieferten fein zerfaserte Stücke des zwischen dem vierten und dem fünften Brustknoten gelegenen Theiles des sympathischen Nerven des Kaninchens, und des dem unteren Theile der rechten Lunge benachbarten Bezirkes des Sympathicus eines großen Python (P. tigris). Die in einzelnen Ganglien auftretenden Bilder werden uns in der Folge beschäftigen.

Es kam mir in den Bauchfellfalten der Harnblase des Kaninchens vor, daß ein Zweig eine Strecke weit zwei und später drei Primitivfasern, die gemeinschaftlich fortliefen, zeigte. Ein Aestchen aus der mit Kali durchsichtiger gemachten Harnblase des Frosches bot eine mit Unterbrechung des Nerveninhaltes versehene Theilung dar. Die eine Spaltungsfaser ging in dem Aste weiter fort, während die andere ein Nebenzweigchen darstellte. Eine Faser, die gesondert verlaufen war, legte sich später mit einer Umbiegung an jenen Hauptast, verlief hier weiter, bog dann in entgegengesetzter Richtung um und endigte kurz darauf scheinbar mit einem Kolben, der sich zwischen zwei andere Fasern eindrängte.

Man würde sehr irren, wenn man alle diese Bilder ohne Weiteres als natürliche Verhältnisse ansehen wollte. Viele sind gänzlich, andere dagegen theilweise aus bloßen Kunstproducten hervorgegangen. Die meisten Gebilde, deren Nervenverlauf mikroskopisch geprüft werden kann, sind von vorn herein oder im isolirten Zustande zu undurchsichtig. Man muß sie daher unter dem Compressorium behandeln, mit Kali oder einer an-

deren passenden Lösung befeuchten oder wenigstens trocken mit Nadeln ausspannen, dann mit einem Deckplättchen schützen und mit Wasser umgeben. Diese Vorbereitungen können die wesentlichsten Täuschungen herbeiführen.

Behandelt man dünnere Augenmuskeln von Wirbelthieren, die hierzu geeigneten Kehlmuskeln des Frosches (Mylohyoidei, Hyoglossi u. s. w.), die Bauchmuskeln kleiner Geschöpfe unter dem Compressorium und verfolgt die Veränderungen Schritt für Schritt, so kann man sich oft überzeugen, wie hier künstliche Theilungsbilder nach und nach zum Vorschein kommen. Primitivfasern, die in verschiedenen Höhen dahin gehen, werden häufig an einander gedrückt Man erkennt noch an einzelnen Stellen die entleerte Scheide der einen oder beider Fasern, an anderen dagegen nicht. Ein röhriges Stück des Nerveninhaltes kann indeß deutlich fortrücken und das Trugbild eines bald frei aufhörenden Theilungsastes erzeugen. Bedeckt man sehr dünne Präparate mit einem selbst leichten Glasplättchen, so kann sich das Gleiche wiederholen.

Macht man das Ganze mit Kali durchsichtiger, so treten zwar die Nervenfasern schärfer hervor. Ihr Inhalt löst sich aber oft nach und nach auf. Er wird daher nicht selten im Verlaufe einer einzelnen Faser unterbrochen und schwindet in anderen eine große Strecke weit. Man kann bisweilen die leere Scheide erkennen. Dieses ist jedoch auch manches Mal nicht mehr möglich. Der markige Inhalt fließt nicht selten an den Durchschnittsstellen heraus, das Ganze mag mit einem Glasplättchen bedeckt sein oder nicht. Man sieht leicht, daß diese Verhältnisse die mannigfachsten Trugbilder von Theilungen bedingen können. *e* und *f* Kupfertafel Fig. 5 gehören unzweifelhaft zu diesen.

Ich habe Spaltungen mit unterbrochenem Nerveninhalte z. B. in dem Harnblasengekröse des Frosches gesehen, wenn ich dieses auf einer Glasplatte mit Nadeln möglichst ausgebreitet und mit einem Wassertropfen befeuchtet hatte. Die Benetzung bewirkte hier, wie in anderen ähnlichen Fällen, daß sich die Haut zusammenzog. Ein Deckblättchen, das Compressorium oder Kali brauchten nicht zur genaueren Prüfung zu Hilfe gezogen zu werden. Ich glaube dessenungeachtet, daß die Unterbrechung des Nerveninhaltes ein Kunstproduct bildete, daß sie erst während der Ausbreitung der Haut erzeugt worden ist. Zerfasert man einen dünnen Nervenzweig mit feinen Nadelspitzen, so wird oft der Nerveninhalt zerrissen und an einzelnen Stellen fortgedrängt. Dieser Umstand kann die eben erwähnte Anschauungsweise bedingen. Es ereignet sich dann auch bisweilen, daß die Verlaufsweise der Fasern zu Irrungen führt. Man sieht z. B. ein Aestchen, das an einer Stelle zwei und an einer anderen drei Fasern darbietet. Eine genauere Prüfung lehrt aber, daß die dritte Faser früher unter oder zwischen beiden versteckt verlief.

So viele Klippen auch drohen, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß wahre Theilungen der Primitivfasern in den Plättchen der elektrischen Organe der Zitterrochen, in denen der scheinbaren elektrischen Werkzeuge der gewöhnlichen Rochen, in den Augenmuskeln der Fische, in den Nerven der Krebse und wohl auch an den einfaserigen Aesten des Gekröses der Harnblase der Kaninchen und der Mäuse und dgl. vorkommen. Die sorgfältigste Prüfung kann aber häufig bei einzelnen Bildern nicht entscheiden, ob sie von vorn herein vorhanden gewesen oder erst in Folge der Vorbereitung entstanden sind..

4602 Die Nerven bilden in der Regel Endgeflechte in den Theilen, in denen sie aufhören. Wenn sie ausnahmsweise in einfachen Bündeln, wie z. B. in den größeren Zungenwärzchen des Frosches verlaufen, so findet man wenigstens, daß die vorangehenden Stämmchen durch Anastomosen verflochten sind. Primitivfasern verschiedener Zweige tauschen sich natürlich in diesen Endgeflechten aus. Verfolgt man aber den Faserverlauf genauer, so bemerkt man bald, daß dieser nicht den einzigen, ja vielleicht nicht einmal den Hauptzweck jener Bildung ausmacht. Man sieht oft, daß sich die Primitivfasern desselben Zweiges zusammenlegen. Man erkennt in anderen Fällen deutlich, wie eine Faser andere eine kurze Strecke begleitet und sie dann wiederum verläßt. Die Vergrößerung des Weges und die möglichst vervielfältigte wechselseitige Anlagerung der Fasern

scheinen daher vor Allem die Bestimmung der Endgeflechte auszumachen.

Kupfertafel, Fig. 5 kann das zuletzt Gesagte beispielsweise klar machen. Wir haben hier einen Theil der Nervenfasern der Harnblase, die in verschiedenen Tiefen verlaufen und sich hierbei häufig durchkreuzen. *g* und *h* berühren sich längs der Strecke *ik* und gehen alsdann als *l* und *m* ihre gesonderten Wege. Etwas Aehnliches kehrt bei *n* wieder.

Die Endgeflechte bestehen meistentheils aus Aesten, die wenigstens zwei und häufig genug mehr Primitivfasern enthalten. Man begegnet aber auch Fällen, in denen nur eine Faser den Zwischenast bildet. Die geraden Augenmuskeln der Bachforelle, der Zungenbeinzungenmuskel (Hyoglossus) des Frosches, die Bauchmuskeln des Kaninchens, die Luftröhre der Maus haben mir z. B. Anschauungen der Art dargeboten.

Man hat die Nerven auf dreierlei verschiedene Weise endigen lassen. 4603
1) Sie sollten mit den Gewebtheilen der Organe, denen sie angehören, verschmelzen. 2) Sie sollten frei aufhören und 3) Je zwei Fasern verbinden sich unter einander zu einer Endschlinge. Sie behielten hierbei ihren öligten Inhalt bis zum Schlusse oder verlören ihn, ehe sie aufhörten. Manche Forscher haben alle jene drei Angaben als die Ergebnisse ihrer Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten vertheidigt. Diese Widersprüche rühren größtentheils von den Schwierigkeiten der Untersuchung her. Es steht hier kein Mittel zu Gebote, das mit der Einspritzung der Haargefäße verglichen werden könnte. Man muß sich daher nur an solche Gebilde, deren Prüfung auf weniger Hindernisse stößt, wenden.

Die Ansicht, daß die Nervenfasern mit fremdartigen Geweben verschmelzen, hat so viel Unbestimmtes, daß sie mit Recht von fast allen neueren Forschern verlassen worden i . Die freiere Endigung der Nervenfasern, welche immer viele Anhänger aus physiologischen Gründen besaß, ist in neuerer Zeit mehrfach vertheidigt und selbst für die einzige Schlußweise der Nerven angesehen worden.

Einzelne Forscher haben sich vor Allem auf die Vater'schen oder die Pacini'schen Körperchen berufen. Henle und Kölliker [1]) hatten hier gefunden, daß eine Nervenfaser *d* Fig. 353. in den Kanal *b* des Pacini'schen Körperchens *a* tritt und dann als *e* weiter verläuft. Man bemerkt häufig, daß zwei Primitivfasern, die früher zusammen dahingingen, aus einander weichen und in zwei Pacini'sche Körperchen übertreten. Strahl [2]) hat aber auch einen Fall abgebildet, in dem sich eine freie Faser gabelig spaltete, um das eben erwähnte Verhältniß für ihre Theilungsäste darzubieten. Einfache oder mehrfache Theilungen im Inneren der Pacini'schen Körperchen sind häufig gezeichnet worden [3]). Eine eigenthümliche untergeordnete Kapselschichtung entspricht oft diesen Spaltungszweigen. Bidder [4]) dagegen konnte sich von einer wahren Theilung nicht überzeugen. Windungsgänge der Fasern erzeugen nach ihm häufig Trugbilder der Art.

Fig. 353.

Die Nervenfaser, die in das Pacini'sche Körperchen eingetreten ist, bietet manche theils wirkliche, theils scheinbare Veränderun-

[1]) J. Henle u. A. Köllicker, Ueber die Pacini'schen Körperchen in den Nerven des Menschen und der Säugethiere. Zürich 1844. 4. S. 18.

[2]) Strahl, in Müller's Archiv. 1848. S. 172. Taf. VII.

[3]) Siehe z. B. Henle u. Köllicker, a. a. O. Taf. I — III. G. Herbst, Die Pacini'schen Körperchen in ihrer Bedeutung. Ein Beitrag zur Kenntniß der Nervenprimitivfasern. Göttingen 1847. 8. Taf. 1 — 3 u. 5 — 16.

[4]) F. H. Bidder, Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern. Leipzig 1847. 4. S. 42.

gen dar. Hat sie auch oft noch ihre dunkelen Umrisse in dem Stiele beibehalten, so wird sie doch in der Folge schmaler und blasser. Ihre Hülle scheint schon im Stiele zurückzuweichen und bisweilen eine eigenthümliche Reihe von Ausbuchtungen darzubieten.

Das Endschicksal der Faser ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit ermittelt worden. Hält man sich an die unmittelbare Anschauung, wie sie sich am Häufigsten unter dem Compressorium darbietet, so scheint sie freilich meistentheils abgerundet oder knopfförmig zu schließen. Man kann nicht nachweisen, daß hier eine Ganglienkugel eingelagert sei.

Manche Forscher [1]) haben die Ansicht vertheidigt, daß die Pacini'schen Körperchen die wahre Endigung der Nerven am Anschaulichsten vor Augen führen. Die Primitivfasern theilten sich zuletzt und schlössen mit freien Enden, deren Markinhalt wesentlich umgeändert worden. Die Kapseln der Pacini'schen Körperchen seien nur Modificationen der gewöhnlichen Hüllen der Nervenfasern. Lassen wir auch die beiden letzteren mindestens sehr zweifelhaften Punkte bei Seite, so frägt es sich noch sehr, ob die Nervenfaser in dem Pacini'schen Körperchen aufhört oder nur durchgeht. Henle und Kölliker [2]), ich und Bidder [3]) sind auf Fälle gestoßen, in denen ein bloßer Durchtritt nachgewiesen werden konnte. Pappenheim [4]) bemerkte, daß eine Faser im Innern des Körperchens umbog und daß die Fortsetzung derselben das Ganze von Neuem durchlief.

Es frägt sich überhaupt, ob die Pacini'schen Körperchen zu den regelmäßigen Gebilden gehören oder nicht. Ihr Vorkommen im Embryo, ihr so häufiges Auftreten an den Nerven der Hand und des Fußes, die Menge, in der man sie in der Regel in dem Gekröse unserer Hauskatzen findet, scheint freilich gegen diese Auffassungsweise zu sprechen. Bedenken wir aber, daß ihre Zahl in hohem Grade wechselt, daß sie zu der Menge der Primitivfasern der Nachbarschaft in keinem Verhältnisse steht, so wird man geneigt werden, ihre Anwesenheit gewissen noch unbekannten Nebenverhältnissen zuzuschreiben und sie am Wenigsten als regelrechte Endigungen der Nervenfasern zu betrachten. Sie finden sich z. B. in dem Menschen, in manchen Affen, dem Igel, der gemeinen Spitzmaus, dem Dachse, dem Hunde, dem Fuchse, der Katze, dem Leoparden, der Fischotter, dem Schweine, dem Pferde, dem Reh, der Ziege, dem Schaafe und dem Ochsen. Man hat sie dagegen bis jetzt in manchen Affen, dem Siebenschläfer, der Ratte, der Hausmaus, dem Haasen, dem Kaninchen, dem neugeborenen Delphin [5]) und dem Gekröse des Elephanten [6]) vermißt. Während eine große Menge von ihnen in dem Gekröse der Hauskatze sogleich in die Augen fällt, konnte Herbst [7]) kein einziges in dem des Leoparden auffinden. Der Marder zeigt viele, das gemeine Wiesel dagegen keine Körperchen. Sie finden sich noch nach Herbst an der Basis der Mittelhandknochen der Vögel. Osann [8]) hat sie hier im Huhne vergeblich gesucht.

Die Nerven der Hand und des Fußes tragen meistentheils Pacini'sche Körperchen, wo diese überhaupt vorkommen. Man hat sie außerdem an den Stämmen der für die unteren Extremitäten bestimmten Nervengeflechte, an den Zwischenrippennerven, den Nervengeflechten des Unterleibes und den Nerven der männlichen Geschlechtswerkzeuge des Menschen in einzelnen Fällen wahrgenommen. Nicht sehr fette Katzen, in denen sie im Gekröse der dünnen Gedärme und des Grimmdarmes, an den Säugaderdrüsen und an der Bauchspeicheldrüse vorkommen, eignen sich am Besten zur Prüfung dieser Gebilde. Der Wechsel ihrer Form, ihrer Menge und der Oertlichkeit ihres Auftretens, der in allen genannten Fällen wiederkehrt, kann aber nur die oben über ihr Wesen ausgesprochene Vermuthung unterstützen.

Savi [9]) ließ die Primitivfasern der Nerven in den Plättchen der elektrischen Werkzeuge netzförmig endigen und Robin [10]) theilte das Gleiche von den entsprechenden Werk-

---

[1]) Herbst, a. a. O. S. 42.
[2]) Henle u. Köllicker, a. a. O. S. 23.
[3]) Bidder, a. a. O. S. 42. 43.
[4]) Pappenheim, in den Archives d'Anatomie et Physiologie. Paris 1846. 8. p. 35 fgg.
[5]) Ein Verzeichniß ihres Vorkommens giebt F. Osann in A. Köllicker's zweitem Berichte von der k. zootomischen Anstalt in Würzburg. Leipzig 1849. 4. S. 91 92.
[6]) Mayer, in den Nova Acta Acad. Leop. Carol. Vol. XXII. P. I. Bonn 1847. 4. Seite 33.
[7]) Herbst, a. a. O. S. 20. 21. [8]) Osann, a. a. O. S. 92.
[9]) Savi, a. a. O. p. 321.
[10]) Robin, a. a. O. pag. 267 fgg.

zeugen der gewöhnlichen Rochen mit. R. Wagner [1]) sah später, daß die markigen Fasern der elektrischen Organe der Zitterrochen, nachdem sie sich zu wiederholten Malen getheilt haben, in blassere, sich noch ferner spaltende, feinere Fasern übergehen. Diese entziehen sich endlich der ferneren Beobachtung, verbinden sich aber nicht unter einander und scheinen frei aufzuhören. Ecker [2]) spricht ebenfalls von zahlreichen freien Enden jener von ihm sogenannten embryonalen Endfasern, nimmt jedoch auch Anastomosen wenigstens für den Embryo des Zitterrochens an. Die zartesten Aeste der Nervenfasern der scheinbar elektrischen Werkzeuge der gewöhnlichen Rochen verschwanden ihm unter der Masse der übrigen Gewebe, so daß er sie bis zu ihrem Endverlaufe nicht verfolgen konnte.

Die Schlingen der einzelnen Primitivfasern, die ich früher aus den Augenmuskeln des Zeisigs abgebildet hatte [3]), waren in der Folge von vielen Forschern in anderen Muskeln bestättigt worden. Hannover [4]) hatte sogar den Versuch gemacht, die Zahl derselben mit der der Primitivfasern in den Augenmuskeln des Frosches zu vergleichen. Sechs Bestimmungen der Art lieferten die Werthe 53 und 56, 33 und 27, 42 und 38, 31 und 30, 32 und 30, 38 und 37 Bogenschlingen und Nervenfasern.

R. Wagner [5]), der die physiologische Verwandtschaft der elektrischen Organe und der Muskeln ins Auge faßte (Bd. I. §. 350), suchte in diesen ähnliche Nervenenden, wie er sie aus den elektrischen Werkzeugen beschrieben hatte. Er sah in den Muskeln, die sich zwischen dem Zungenbeine und der Zunge des Frosches hinziehen, daß sich die Primitivfasern in dem Bereiche der Endgeflechte theilen, daß endlich blasse Fasern zum Vorschein kommen, die sich zu den Muskelprimitivfasern begeben, in diesen aber nicht weiter verfolgt werden können. Gerlach [6]) läßt die Theilungsfasern der Augenmuskeln des Hechtes in der Hülle der Primitivfasern verschwinden.

Hat man einen dünnen Muskel unter dem Compressorium behandelt, so wird man Theilungsbilder und blasse Fasern nicht selten wahrnehmen. Verfolgt man aber die Wirkung des Druckes Schritt für Schritt, so kann man sich oft überzeugen, wie Anschauungen der Art auf künstlichem Wege allmählig erzeugt werden. Was das scheinbare Auslaufen in die Muskelscheide betrifft, so können mehrere verschiedenartige Verhältnisse solche Bilder herbeiführen: 1) Manche Nervenfasern dringen vereinzelt oder zu mehreren zusammengehäuft in die Tiefe zwischen zwei Muskelfasern und entziehen sich daher dem ferneren Anblicke. Der Sachverhalt verräth sich hier bei genauer Einstellung des Brennpunktes. 2) Arbeitet man unter dem Compressorium oder hat man selbst nur einen dünnen Muskel mit den Nadeln hautartig ausgebreitet, so kommt es bisweilen vor, daß der Nerveninhalt an einzelnen Stellen verdrängt worden. Man sieht daher die leere Hülle als eine blasse Faser, die sich nach einigem Verlaufe dem Anblick zu entziehen pflegt. Prüft man ein solches Präparat unter hellem gelbem Lampenlichte, so gelingt es nicht selten, die entleerte Nervenhülle beträchtlich weiter zu verfolgen. 3) Hat man die Augenmuskeln von Fischen vor sich, so tritt oft ein Strang öligten Nerveninhaltes selbstständig heraus und bedingt bisweilen ein scheinbares freies Ende. Ein anderer Umstand verdächtigt übrigens alle diese Anschauungen. Man sieht nämlich häufig, daß eine Muskelfaser mit einer Reihe freier Nervenenden innerhalb einer kurzen Strecke versehen wird, während viele benachbarte Fasern kein einziges erhalten.

Was die Schlingenbildungen betrifft, so habe ich einfaserige Bogenschlingen in vielen quergestreiften Muskeln auch in neueren Beobachtungen wiedergesehen. Ich bemerkte sie z. B. in den geraden Augenmuskeln der Plötze (Leuciscus erythrophthalmus), in den Bündeln der Hinterhauptsmuskeln der Schleihe (Tinca chrysites), in den geraden Augenmuskeln und in einzelnen Kehl- und Zungenmuskeln (Mylohyoideus externus, Geniohyoideus und Genioglossus), des Frosches (Rana esculenta) und in den Bauchmuskeln der Maus (Mus musculus). Die einfache Schlinge verlief hierbei entweder zwischen zwei

[1]) R. Wagner, a. a. O. S. 384. 85. und Ueber den feineren Bau des elektrischen Organs im Zitterrochen. Göttingen 1847. 4. S. 21.
[2]) Ecker, a. a. O. S. 41.
[3]) Nova Acta Acad. Leopold. N. C. Tom. XVII. P. I. Tab. II.
[4]) A. Hannover, Recherches microscopiques sur le système nerveux. Copenhague. 1844. 4. pag. 35.
[5]) R. Wagner, a. a. O. S. 386 u. 462.
[6]) J. Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speciellen Geweblehre des menschlichen Körpers. Mainz 1848. 8. S. 107.

verschiedenen Stämmen oder zwischen zwei Zweigen desselben Astes. Man sah in den oben erwähnten Muskeln der Schleihe sehr deutlich, wie die Primitivfasern eine weite Strecke verliefen, hierbei hin und wieder Seitenzweige abgaben, dann deutliche Bogen bildeten und wieder eine weite Strecke gesondert zurückgingen.

Manche Forscher neigen sich zu der Ansicht, daß die Theilung der Nervenfasern und die oben erwähnte sogenannte Endigungsweise derselben eine Eigenthümlichkeit der Bewegungswerkzeuge und der ihnen analogen Organe sei. So richtig es auch ist, daß die Theilungen in den Plättchen der elektrischen Organe und in den Muskeln am Unzweifelhaftesten hervortreten, so wenig läßt sich jener Satz festhalten, wenn man die Gebilde, in denen bis jetzt Theilungsbilder gesehen wurden, in Betracht zieht. Die Nerven der Kehlblase der männlichen Frösche können z. B. am Ehesten gegen jene Ansicht zeugen.

Was die freien Enden der Nerven betrifft, so wird Jeder, der sich mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, zugeben, daß die hierfür zeugenden Anschauungen bei genauer Betrachtung immer mangelhaft erscheinen. Verfolgt man die Sache unter dem Compressorium und arbeitet man vorzüglich mit hellem gelbem Lampenlicht, so wird man finden, daß sich die scheinbaren freien Enden auf zwei Fälle zurückführen lassen. 1) Eine Nervenfaser ist an einer Stelle abgerissen, durch Druck oder aus einem anderen Grunde ihres Inhaltes beraubt und überhaupt verletzt oder von Nachbargebilden theilweise verdeckt. 2) Man ist nicht im Stande, sie in den Geweben weiter zu verfolgen, weil diese zu undurchsichtig sind oder aus mannigfachen störenden Theilen bestehen. Man hat daher in dem ersteren Falle ein Kunstproduct und weiß in dem letzteren, daß man die wahre Endigungsweise der Fasern nicht ermitteln konnte.

Die Zunge des Frosches liefert ein deutliches Beispiel, welche Schwierigkeiten sich der Verfolgung der Nervenenden in den scheinbar passendsten Organen entgegensetzen. Man findet hier zahlreiche, unter den übrigen kleineren zerstreute Warzen von größerem Umfange. Ein Bündel, daß meist, wie es scheint, 4 Nervenfasern führt, begiebt sich in jede von ihnen. Es zeichnet sich so scharf ab, daß man glauben sollte, die Endigungsweise dieser Nerven müßte hier mit der größten Leichtigkeit verfolgt werden können. Die meisten Schnitte, die man sich aus der Froschzunge bereitet, liefern kein sicheres Ergebniß. Die umspinnenden Haargefäße und das Pflasterepithelium, welche die ganze Zungenwarze überzieht, hindern oft jede sichere Verfolgung. Man glaubt hin und wieder freie Nervenenden zu sehen. Prüft man die Sache genauer, so überzeugt man sich bald, daß die Endstücke der Nervenfasern verletzt worden.

Die inneren Gehörwerkzeuge liefern am Leichtesten Anschauungen von Schlingenbildungen. Knochenfische, wie die Forelle, der Hecht, der Karpfen u. dgl. gewähren hierbei zweierlei Vortheile. Ihre zusammenhängenden Gehörsteine können leicht, ohne das Präparat zu zerstören oder zu verunreinigen, entfernt werden. Die Nervenfasern selbst haben überdies eine beträchtliche Breite. Ich habe diese Schlingen in den Gehörwerkzeugen des oben erwähnten, in Salz aufbewahrten Zitterrochen ohne Schwierigkeiten gesehen und ebenso oft genug in denen der Frösche und der Vögel wahrgenommen. Hannover[1]) hat sie auch aus den Ampullen der halbcirkelförmigen Kanäle und dem Modiolus der menschlichen Gehörwerkzeuge abgebildet.

Das Zahnsäckchen der Säugethiere liefert ebenfalls häufig Anschauungen von Schlingenbildungen. Die Nervenfasern werden nur hier schon durch das Aufklopfen der Zähne, das Ausziehen und das Aufschneiden des Säckchens leicht verletzt. Druck oder Kali müssen oft zu Hilfe gezogen werden, zwei Mittel, welche die Continuität der Fasern an einzelnen Stellen unterbrechen können. R. Wagner[2]), der mit Volkmann die Bildung von Endschlingen für physiologisch unmöglich hielt und sie nach seinen erwähnten Untersuchungen in Abrede stellte, scheint sie hier in jungen Kaninchen ebenfalls gesehen zu haben. Eine Schlinge war ihm unzweifelhaft, die anderen schienen Bogenschlingen darzustellen. Gerlach[3]) beobachtete ebenfalls die Schlingen in der Zahnpulpe des Kalbes. Nicht minder häufig sieht man sie in den Tastwärzchen und in einzelnen Schleimhäuten.

[1]) Hannover, a. a. O. Taf. III. Fig. 49. 50.
[2]) R. Wagner, a. a. O. S. 389.
[3]) J. Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speciellen Geweblehre. Mainz 1849. 8. Seite 155.

Das Auge liefert mehrere Theile, an denen man Faserschlingen darzustellen vermag. Die mit quergestreiften Fasern versehene Regenbogenhaut der Tauben, der Hühner und der Gänse und die mit einfachen ausgerüsteten weißer Kaninchen zeigen sehr zahlreiche Endgeflechte der Nerven. Schnitt ich noch in neuester Zeit ein Stück des Pupillenrandes aus einem erwachsenen Albinokaninchen aus, befeuchtete es mit schwacher Kalilösung und prüfte es unter hellem gelbem Lampenlichte, so erhielt ich eine ähnliche Anschauung, wie ich sie früher aus der Regenbogenhaut blauäugiger Gänse abgebildet hatte [1]). Die Bogenschlingen der Nervenfasern verliefen auch hier eine Strecke weit von dem Rande des Sehloches entfernt. Enthält die Regenbogenhaut kleine Pigmentablagerungen in reichlicher Menge, so wird man den Nervenverlauf vergeblich zu verfolgen suchen. Der gelbe Theil der Iris des Schaafes spottete z. B. daher auch allen meinen Bemühungen. Fällt dieses Hinderniß hinweg, so wird man sicherere Anschauungen bei einiger Geduld erhalten können.

Purkinje [2]) und Kölliker [3]) haben schon auf die Endnetze, welche in der Hornhaut auftreten, aufmerksam gemacht. Ich habe diese Formen ebenfalls mehrfach, vorzüglich in der Hornhaut des Kaninchens und der Ratte gesehen. Die Schlingen, welche z. B. Purkinje [4]) aus der Rückenmarkshaut des Rindes und Kölliker [5]) aus dem Schwanze der Froschlarven beschreiben, die, welche man nicht selten in den Wärzchen der Lederhaut oder vieler Schleimhäute, sobald nur die Epithelien nicht stören, wahrnimmt, können endlich ebenfalls noch als Belege angeführt werden.

Es kommt in den meisten dieser Präparate vor, daß einzelne Nervenfasern an einer Stelle ihres Verlaufes verschwinden, sei es, daß sie von undurchsichtigeren Geweben verdeckt werden oder irgend eine der früher erwähnten Verletzungen erlitten haben. Diese Nebenfälle können natürlich nicht gegen die Anwesenheit von Schlingenbildungen zeugen.

Man kann mit Recht einwenden, daß die Schlingen die letzten Enden der Nerven noch nicht darstellen, daß diese nur umbiegen, um in der Folge auf irgend eine Art aufzuhören. Zweierlei Gründe sprechen gegen diese Auffassung. 1) Sieht man oft in den Endbezirken Nichts als Schlingen. 2) Ueberblickt man das Ganze in den Zungenwärzchen des Frosches und zum Theil in kleineren Zahn- und Gehörsäckchen so sehr, daß jener Einwand sein Gewicht größtentheils verliert.

Eine Art von Schlingenbildung, welche bisweilen die Nervenstämme selbst darbieten, beruht vielleicht nur auf einer untergeordneten Verlaufeigenthümlichkeit der Fasern. Hatte ich den Brusttheil der Speiseröhre einer Maus (Mus musculus) der Länge nach aufgeschnitten, flächig ausgebreitet und mit Kali etwas durchsichtiger gemacht, so lieferte der eine herablaufende Vagusstamm eine Anschauung, wie es uns Kupfertafel Fig. 6. darstellt. Zwei Primitivfasern bildeten gesonderte Schlingen und die beiden Schenkel ließen sich, so weit es die Zeichnung zeigt, mit Sicherheit verfolgen. Ich habe diese Anschauung in einer zweiten Maus wiedergefunden. Der Stamm des herumschweifenden Nerven zeigte hier eine oberflächliche Schlinge bei dem ersten Anblicke. Zerfaserte ich ihn und betrachtete ihn unter schwacher Kalilösung, so konnte ich fünf solcher Schlingen in dem unter dem Mikroskope befindlichen Bruchstücke mit Sicherheit zählen. Die Bogenschenkel ließen sich wieder eine beträchtliche Strecke rückwärts verfolgen. Der rechte und der linke, der Speiseröhre anliegende Bruststamm des herumschweifenden Nerven einer Spitzmaus (Sorex araneus) bot die gleichen Schlingenbildungen in mehreren Anschauungen dar. Die eine Faser kam in der Richtung von dem Kopfe nach dem Schwanze herab, bog im Innern des Nerven, wie es die Abbildung zeigt, um und kehrte in der Bahn nach dem Kopfe von Neuem zurück.

Man könnte diese Schlingen als Nervi Nervorum, wie sie von Gerber beschrieben werden, deuten wollen. Allein ihre Häufigkeit in dem oben genannten herumschweifenden Nerven, während sie sonst so selten vorkommen, scheint gegen diese Auffassungsweise zu sprechen. Man darf vorläufig annehmen, daß hier die Nervenfasern umbiegen, um andere Theile mit ihrem zweiten Bogenschenkel aufzusuchen.

---

[1]) Nova acta, a. a. O. Taf. V. Fig. 28.
[2]) Purkinje, in Müller's Archiv. 1835. S. 292.
[3]) Kölliker. in den Mittheilungen der Zürcher naturforschenden Gesellschaft. Heft II. Zürich 1848. 8. S. 89 — 92.
[4]) Purkinje, a. a. O. S. 283. 84.
[5]) Kölliker, in den Archives d'Anatomie etc. Paris 1846. 8. p. 263. 64.

Wir haben bis jetzt nur die Fälle, in welchen die Schlingen einen markigen Inhalt führen, betrachtet. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß dieser in manchen Fällen unsichtbar wird, ehe die Nerven ihren Endverlauf erreichen.

Die Plättchen der elektrischen Werkzeuge des Zitterrochen können dieses am Deutlichsten erhärten. Kupfertafel Fig. 7 und 8 liefern uns zwei Anschauungen, die ich nach der Untersuchung eingesalzener vor einer Woche eingefangener Zitterrochen (Torpedo Galvanii) entworfen habe. Die markigen Fasern, die von verhältnißmäßig starken und an einzelnen Stellen mit Kernen versehenen Hüllen umgeben werden, theilen sich gabelig, verlaufen dabei in verschiedenen Höhen des Plättchens und gehen endlich in blasse grau bis gelblich erscheinende Fasern, die keinen deutlichen Markinhalt erkennen lassen, über. Wenn R. Wagner nur den Anfang dieser Gebilde beschrieben und abgebildet hat, so lag dieses wahrscheinlich in dem Gebrauche unvollkommener Mikroskope. Gerade die Endfasern der frischeren elektrischen Nerven bilden nämlich einen der besten Testobjecte zur Prüfung besserer Linsen. Die neuesten Schiek'schen Objective gaben hier die bald zu beschreibende Anschauung mit einer Deutlichkeit, welche Mikroskope, die sich für die Schuppen von Hipparchia Janira bewährten, nicht dargeboten haben.

Die blassen Fasern nämlich, welche bauchigte Anschwellungen mit Kernen an einzelnen Stellen besitzen, theilen sich immer weiter gabelig, werden dabei immer feiner und blasser und verlaufen zugleich in verschiedenen Höhen des schon an und für sich dünnen Plättchens. Man bemerkt daher ein Netzwerk, wie es Kupfertafel Fig. 7 und 8 angegeben ist, vorzüglich, wenn man sich des beschatteten Tages- oder des gelben Lampenlichtes bedient. Ein Theil dieser Netze beruht auf einem Täuschungsbilde, indem die feinen Gabeläste in sehr geringen Höhen über einander hinweggehen. Man überzeugt sich jedoch auch bei genauerer Betrachtung, daß wahre Anastomosen nichts weniger, als selten sind. Die Theilung der markigen Fasern und die der feinen marklosen Gebilde bedingen hier einen Nervenreichthum, wie er in wenigen anderen Organen vorkommen dürfte. Die feinsten Netze füllen Alles auf das Dichteste, wenn man die frischen Plättchen mit den besten Schiek'schen Objectiven betrachtet.

Die Endnetze der Hornhautnerven und die feineren Verbreitungen der Geruchsnerven lassen keinen deutlichen öligten Inhalt nach den Beobachtungen von Kölliker, Remak, Ecker und mir mit Sicherheit erkennen. Wir werden später sehen, daß das Gleiche für viele Verzweigungen der herumschweifenden und der sympathischen Nerven wiederkehrt. Man muß sich übrigens auch hier vor Täuschungen in Acht nehmen. Es kann sich nämlich ereignen, daß ein dünnes Nervenbündel, dem aller öligte Inhalt bei der Behandlung mit Wasser und selbst bei dem Gebrauche des Compressorium zu fehlen scheint, ihn nach der Anwendung von Kalilösung deutlich darbietet. Präparate, die 24 Stunden in Weingeist gelegen haben, dienen auch oft besser, als ganz frische. Die verhältnißmäßig sehr starken Hüllen werden in diesen Fällen so undurchsichtig, daß der ungeronnene Nerveninhalt im unversehrten Zustande nicht durchschimmert.

4604 Die Ganglienkugeln, die Ganglien- oder Nervenkörper, die Belegungskugeln (Fig. 354.) finden sich in allen Nervenknoten des Menschen und der bis jetzt genauer untersuchten Thiere. Eine größere Menge von ihnen liegt meist haufenweise beisammen. Es kommt jedoch auch vor, daß nur eine einzige oder wenige zwischen oder neben den Nervenfasern bemerkt werden. Sie scheinen nie frei zu liegen, sondern immer von einfachen oder mehrfachen Hüllen umgeben zu werden. Diese Scheiden verlängern sich häufig nach beiden Seiten in Fortsätze, die oft z. B. in Fröschen keinen markigen, gewöhnlichen Nerveninhalt darbieten. Man kann jedoch häufig, vorzüglich in Fischen, Präparate darstellen, in denen die beiden von der

Fig. 354.

Ganglienkugel ausgehenden Scheidenfortsätze einen markigen Nerveninhalt früher oder später zeigen. Eine Reihe eigenthümlicher Hüllengewebe tritt vorzüglich im Menschen und in den Säugethieren in reichlicherem Maaße hervor. Eine streifige Grundmasse trägt hier zahlreiche aufliegende Kerne, welche kreisförmig um die Ganglienkugel herumlaufen und sich dann in Längslinien den von hier ausgehenden Streifen gemäß vertheilen. Es sind dieses die sogenannten organischen, gallertigen oder Remak'schen Fasern.

Untersucht man einen größeren, noch hinreichend durchsichtigen Nervenknoten unter schwachen Linsen, so sieht man, daß ein Theil der Nervenfasern in dichteren Bündeln hindurchgeht, ein anderer dagegen sich vereinzelt durch die neben und über einander gelagerten Ganglienkugeln durchwindet, so wie es Fig. 355 aus dem zehnten Brustknoten des linken sympathischen Nerven der Katze andeutet. Man nennt die erstere Art von Fasern die durchsetzenden, die letzteren dagegen die umspinnenden Nervenfasern.

Fig. 355.

Vergleicht man im Menschen einen einfachen Cerebrospinalnerven, z. B. den Hüftnerven mit einem Zweige, der aus den Bauchgeflechten des sympathischen Nerven heraustritt, so sieht man, daß dieser schon in der ganz frischen Leiche blasser, grauweißer und gleichsam gallertartiger erscheint. Hat die Fäulniß tiefer eingegriffen, so nimmt das Ganze eine röthlichere Färbung an. Die Eigenthümlichkeit hängt wahrscheinlich vor Allem von den oben erwähnten Scheidenfortsätzen oder Remak'schen Fasern ab. Manche Forscher hielten diese Gebilde für ächte Nervenfasern, welche die Ernährungserscheinungen leiten. Die zellgewebige Natur der Hüllen, der Umstand, daß sie häufig früher aufhören, als der Nerv selbst sein peripherisches Organ erreicht, und ihr sparsames Vorkommen in den Fröschen und den Fischen sprechen gegen diese Auffassungsweise. Ihr physiologischer Nutzen ist bis jetzt noch unbekannt.

Herrschen die Scheidenfortsätze oder die gewöhnlichen Zellgewebshüllen bedeutend vor, so werden häufig die ächten zwischen ihnen verlaufenden Nervenfasern unkenntlich. Die Zerfaserung bringt bisweilen einzelne von ihnen zur Anschauung. Die Befeuchtung mit Kalilösung läßt den öligten Nerveninhalt vieler, während das Uebrige durchsichtiger wird, deutlich hervortreten. Manche gehen aber auch hierbei durch völlige Auflösung eher zu Grunde. Bestehen die Hüllen der Nervenfasern aus vollständig entwickeltem Zellgewebe, so verrathen sich diese schon selbst in stärkeren Bündeln durch ein eigenes streifiges Gefüge. Man erkennt hieran mit Leichtigkeit die Nervennatur des Ganzen, wenn man auch den markigen Inhalt der Nervenfasern noch nicht bemerkt. Enthält dagegen der Nerv eines Menschen oder eines Säugethieres reichliche Scheidenfortsätze, so ereignet es sich nicht selten, daß Alles eine graue oder grauröthliche, streifige Masse bildet, in der sich oft die markigen Nervenfasern nur mit Hilfe von Kali und selbst hierdurch bisweilen nicht einmal nachweisen läßt. Man kann z. B. auf diese Art ganze Zweige des Samengeflechtes des Hundes untersuchen, ohne daß man eine einzige markige Faser darzustellen im Stande ist.

Robin [1]), R. Wagner [2]), Bidder und Reichert [3]) fanden unabhängig von

[1]) Robin, in Schleiden u. Froriep's neuen Notizen. Bd. VI. Nro. 118. Weimar 1848. 4. S. 119. 120.

[2]) R. Wagner, a. a. O. S. 362 fgg. [3]) Bidder, a. a. O. S. 26 fgg.

einander, daß die Faserfortsätze der Ganglienkugeln vieler Fische einen gewöhnlichen markigen Nerveninhalt darbieten. Sie nehmen daher an, daß die Ganglienkugel in dem Verlaufe einer ächten Nervenfaser eingeschaltet ist. Die beiden zuerst genannten Forscher untersuchten vorzüglich Knorpelfische und zwar die gewöhnlichen Rochen und die Zitterrochen, die letzteren dagegen besonders Knochenfische, wie die Quappe (Gadus Lota), den Barsch (Perca fluviatilis), eine Salmenart (Salmo Jas. Asm.) und vorzugsweise den Hecht (Esox lucius).

Ich habe diese Thatsache in der Schleihe (Tinca chrysitis), der Quappe, dem Hechte, der Flußforelle (Salmo fario), dem Aale (Anguilla fluviatilis), dem Zitterrochen (Torpedo narke und T. galvanii), der Chimäre (Chimaera monstrosa), der Lamprete (Petromyzon marinus) und ein Mal auch im Querder (Ammocoetes brachialis) gesehen. Der Gasser'sche Knoten des dreigetheilten Nerven eignet sich durchschnittlich am Besten zu diesen Prüfungen. Nächst ihm kommen die Spinalknoten der Rückenmarksnerven. Der Hauptknoten des herumschweifenden Nerven, die Knoten der Kiemenäste desselben, die des Grenzstranges des sympathischen Nerven setzen häufig ihrer reichlichen undurchsichtigen Hüllenbildung wegen nicht unbedeutende Schwierigkeiten der Beobachtung entgegen. Ich habe jedoch die Sache auch hier, so wie in einzelnen mikroskopischen Ganglien des Seitenastes (R. lateralis) der Quappe und der Lamprete mit völliger Deutlichkeit darstellen können.

Die Größe und das Alter des Thieres üben hier einen wesentlichen Einfluß aus. Erwachsene Geschöpfe pflegen die schönsten Bilder zu liefern. Große Exemplare des Aales, des Hechtes, der Quappe, der Forelle, der Lamprete geben die unzweifelhaftesten Anschauungen, so wie man nur hinreichend kleine Abschnitte des Gasser'schen Knotens zerrupft hat. Es ist mir in der Bachforelle vorgekommen, daß ein Exemplar von mittlerer Größe eine Reihe der deutlichsten Bilder in dem Gasser'schen Knoten zeigte, während zwei andere ungefähr gleich große Thiere so trübe Hüllen schon hier besaßen, daß kein einziges befriedigendes Präparat gelang. Das Gleiche wiederholte sich in allen, größeren und kleineren Schleihen, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte. Ich habe hier nur ein Mal die doppelten Fortsätze in dem Vagusknoten auffinden können. Hat die Zersetzung des Fisches begonnen, so gelingt die Zerfaserung und die Darstellung der Scheidenfortsätze leichter. Der Nerveninhalt ist aber dann schon so sehr zerbröckelt, daß die Bilder in dieser Hinsicht unvollkommen bleiben.

Man findet in allen gelungeneren Präparaten, daß eine zarte durchsichtige oder eine graue bis grauröthlich, körnig gerieselte und sich leicht faltende Hülle die Ganglienkugel umgiebt und sich dann in einen Faserfortsatz nach jeder Seite hin verlängert. Erblickt man zugleich einen öligten Nerveninhalt, so wechselt sein Verhältniß zu der Ganglienkugel in den einzelnen Anschauungen in hohem Grade. Diese Schwankungen rühren aber nur davon her, daß die natürlichen Verhältnisse bei der Zerfaserung gestört worden sind. Fast alle Bilder gehören in dieser Beziehung zu den Kunstproducten.

Kupfertafel Fig. 9 bis Fig. 13 kann uns die vorzüglichsten Verschiedenheiten, denen man hier begegnet, versinnlichen. Fig. 9 und 10 stammen aus dem Gasser'schen Knoten der Flußforelle, Fig. 11 aus dem des Aales, Fig. 12 aus dem der Quappe und Fig. 13 aus den Knoten der vorderen Wurzelbündel des herumschweifenden Nerven des zuletzt genannten Thieres.

Der öligte Nerveninhalt, *a* Fig. 9, geht bis zur Grenze der Ganglienkugel *b* und hört hier plötzlich auf. Es ereignet sich in anderen häufigeren Fällen, daß er in die Hülle der Ganglienkugel hineingedrängt erscheint oder daß er umgekehrt eine Strecke weit vor ihr unkenntlich wird. Wir sehen z. B. in Fig. 13, wie das Mark an der einen Seite in einem größeren geronnenen Klumpen *a* und an der anderen mit einzelnen Bruchstücken *b* über die Fasergrenze vorgedrungen ist. Ein schmaler Halbbogen von Mark *c* zieht sich noch an dem Seitenrande der Kapsel herab. Kupfertafel Fig. 10 zeigt uns einen Fall, den man besonders häufig in den schon durch Fäulniß weich gewordenen Gasser'schen Knoten häufig antrifft. Der markige Inhalt *a* füllt fast die ganze Erweiterung der Kapsel an. Er setzt sich aber bloß noch in die eine Faser fort. Die andere *b* zeigt nur die Merkmale der Hüllenbildung. Fig. 12 stellt uns den Fall dar, in welchem die beiden Faserfortsätze *a* und *b* nur die Scheidengebilde erkennen lassen. Ein Stück geronnenen Markes *c* liegt in oder über der Kapsel, während eine markige Primitivfaser *d* über das Ganze hinweggeht. Anschau-

ungen, in denen die zufällig hierher verschlagene Markmasse mangelt, das Uebrige aber wie es Fig. 12 erscheint, kommen häufig vor. Fig. 11 giebt uns nur ein Beispiel, in dem der öligte geronnene Inhalt von *a* vor der Hülle der Ganglienkugel *b* aufhört. Man kann aber hier keine scharfe Grenze, an der der Nerveninhalt *b* vermißt wird, angeben. Das Mark der Faser *c* schwindet ebenfalls vor der Ganglienkugel. Die Zwischenstrecke *d* der gefalteten und vielleicht aufgeschlitzten Scheide ist verschmälert, zerrissen und ausgezogen. Fig. 9 *d* versinnlicht uns endlich ein Beispiel, in dem umgekehrt ein Theil der körnigen Masse der Ganglienkugel in den Anfang der Primitivfaser *c* hineingedrückt worden.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die meisten, wo nicht alle diese Bilder von den Störungen des Druckes, der die Zerfaserung begleitet, herrühren. Die Frage, wie sich hierbei der Inhalt der Faserfortsätze zur Ganglienkugel verhalte, gehört zu den schwierigsten Aufgaben der mikroskopischen Anatomie. Die Ränder der Ganglienkugelmasse sind immer scharf abgeschnitten. Dieses und ihre Beschaffenheit überhaupt weisen den Gedanken, daß sie in den markigen Nerveninhalt allmählig übergehe, entschieden zurück. Man sieht bisweilen, daß das Mark an dem Faserübergange der Begrenzung der Ganglienkugel entsprechend scharf aufhört (Kupfertafel, *d* Fig. 13), oder daß etwas Aehnliches, aber mit keiner entschiedenen Grenzlinie wiederkehrt (*a* Fig. 9). Die Hülle der Ganglienkugel zeigt meist einen schmalen hellen Zwischenraum (*e* Fig. 9, *d* Fig. 10., *e f* Fig. 12, *e* Fig. 13.). Die Annahme, daß auch dieser markigen Nerveninhalt führt und, daß die Ganglienkugel im Nervenmarke schwimmt, hat aber dessenungeachtet wenig für sich. Ist auch das übrige Mark geronnen, so bleibt dieser Zwischenraum dessenungeachtet meistentheils hell und gleichförmig. Man bemerkt zwar bisweilen Faltungen (*e* und *f* Fig. 11), allein nach außen von diesen liegt noch ein helles Band, wenn selbst offenbar Nervenmark längs des Seitenrandes der Ganglienkugel hinabgepreßt worden (Kupfertafel, *c* und *e* Fig. 13). Wurde der ganze Nerveninhalt in die bauchige Anschwellung hineingedrängt, so fehlt jenes dessenungeachtet nicht (*d* Fig. 10.). Befeuchtet man das Präparat mit starkem Weingeist, so erscheint die Ganglienkugel verhältnißmäßig kleiner, das umgebende Scheidenband dagegen beträchtlich breiter. Untersucht man z. B. den Gasser'schen Knoten eines Hechtkopfes, der Jahre lang in Weingeist aufbewahrt worden, so erhält man die gleichen zuletzt erwähnten Bilder. Nur ist der Markinhalt der Fasern in der Regel gänzlich verloren gegangen.

Die Faserfortsätze scheinen in den meisten Fällen von den beiden Endpolen der Ganglienkugelkapsel auszugehen. Fig. 12 *e* zeigt uns jedoch einen der Quappe entnommenen Fall, in dem der Faseranfang eine Strecke weit auf die flache bauchigte Hülle verfolgt werden konnte.

Man kann häufig im Frosche wahrnehmen, daß die Scheide der Ganglienkugel in Fasern nach beiden Seiten hin ausläuft. Die Randtheile vieler Knoten des Grenzstranges zeigen durchsichtigere Stellen, an denen Haufen von Ganglienkugeln liegen. Es gelingt hier nicht selten zwei von den Polen der Scheide ausgehende Schwänze wahrzunehmen. Man sieht das Gleiche bisweilen in zerfaserten Stückchen des Gasser'schen Knotens, einzelner Knoten des Grenzstranges und dgl. Macht man die Wandungen und vorzüglich die Scheidewandgegend der Vorkammern des Herzens mit Kali durchsichtiger, so erhält man häufig ähnliche Anschauungen. Einen der besten Gegenstände endlich bildet das Harnblasengekröse kleiner Frösche. Es ist dieses eine dünne durchsichtige Haut, die oft keinen Druck und keine fremdartige Flüssigkeit zur Untersuchung erfordert. Man findet hier zahlreiche, theils vereinzelte, theils haufenweise gelagerte Ganglienkugeln an den einzelnen feinen Nervenästen, welche das Ganze in reichlicher Menge durchsetzen. Kupfertafel Fig. 14 giebt uns einige Bilder aus dem mit Kali etwas durchsichtiger gemachten Harnblasengekröse des Frosches.

Die doppelten Fortsätze *a* und *b* sind hier hell und halbdurchsichtig. Sie unterscheiden sich aber meistentheils in Farbe und Aussehen von den der mit öligtem Inhalte versehenen Nervenfasern *c*. Die Behandlung mit Kali macht diese deutlicher und löst endlich das Mark gänzlich auf, während jene die doppelten Contouren eines Markinhaltes zu keiner Zeit darzubieten pflegen. Man sieht den Unterschied am Deutlichsten, wenn gerade eine Nervenfaser dicht an und neben einer Ganglienkugel und ihren Scheidenfortsätzen dahingeht (*d* Fig. 14.). Helle und blasse Fasern, die mit diesen in ihrem Aussehen übereinstimmen,

zeigen sich häufig im Verlaufe der Nervenstämmchen (Kupfertafel, e Fig. 14.). Man sieht hieraus, daß sich viele Scheidenfortsätze vorfinden, in denen sich kein Nervenmark nachweisen läßt.

Es ereignet sich nicht selten, daß einzelne Ganglienkugeln in Stücken, die man mit Kalilösung behandelt hat, hüllenlos dazuliegen scheinen (*f*, *g*, Fig. 14.). Man darf aber mit Recht vermuthen, daß dieses von der Behandlungsweise herrührt. Sicherer sind die Bilder, in denen ein Scheidenfortsatz zwei Ganglienkugeln verbindet (*h* Fig. 14.). Eine ähnliche Anschauung habe ich schon früher aus dem Gasser'schen Knoten des Menschen dargestellt [1]).

Manche Forscher haben angenommen, daß jede Ganglienkugel mit Nervenfaserfortsätzen in Verbindung steht. Die Frösche zeugen gegen diese Voraussetzung. Man findet häufig in einzelnen Stellen des Grenzstranges mikroskopische Haufen von Ganglienkugeln, zwischen denen sich keine Nervenfasern erkennen lassen. Es scheint auf den ersten Blick, als seien auch keine Scheidenfortsätze vorhanden. Prüft man aber die Verhältnisse mit stärkeren Vergrößerungen genauer, so entdeckt man diese an manchen Ganglienkugeln. Diejenigen Stücke, in welchen eine größere Menge von Ganglienkugeln an einem Aestchen, das nur aus wenigen Fasern besteht, anliegen, können die früher erwähnte Frage noch eher entscheiden. Ludwig [2]) hat schon mit Recht bemerkt, daß in der Vorkammer des Froschherzens Fälle auftreten, in denen 11 Ganglienkugeln auf 4 bis 5 Primitivfasern kommen. Das Harnblasengeköse des grünen Grasfrosches liefert noch auffallendere Beispiele der Art. Ich erhielt z. B. hier eine Anschauung, in dem ein Aestchen, das nur aus zwei Nervenfasern bestand, 7 Ganglienkugeln darbot. Zwei von diesen waren wieder durch einen Scheidenfortsatz, wie es *h* Fig. 14 zeigt, wechselseitig verbunden. Ein Zweig eines anderen Präparates, das auch nur zwei Primitivfasern zeigte, war von mindestens 24 Ganglienkugeln umschlossen. Es kommt außerdem häufig vor, daß zwei, drei oder mehr Ganglienkugeln, deren Nachbarflächen sich abzuflachen pflegen, von einer gemeinschaftlichen hellen Hülle, von denen oft Faserfortsätze nach beiden Seiten ausgehen, umgeben werden. Bilder der Art zeigen sich häufig an den Rändern zerfaserter Stücke des Grenzstranges oder in den wenigen mikroskopischen Ganglien, die an den oberen Theilen der Lunge abgelagert sind.

Die zahlreichen Remak'schen Fasern, welche in den Vögeln und Säugerhieren vorkommen, hindern hier jede genügende Beobachtung. Mag man die sparsamen Ganglienkugeln der Wurzeln des herumschweifenden Nerven, z. B. des Schaafes, Zerfaserungspräparate aus dem Gasser'schen oder einem anderen Knoten dieses Thieres oder kleinerer Geschöpfe, wie z. B. des Kaninchens oder der Maus untersuchen, so trüben doch immer jene Hüllengebilde die Aussicht in hohem Grade. Sehr feine mit dem Doppelmesser bereitete Schnitte lieferten mir noch die verhältnißmäßig besten Bilder. Kupfertafel Fig. 15 zeigt uns z. B. eine kleine Strecke eines solchen, aus dem obersten Halsknoten des Sympathicus des Schaafes entnommenen Präparates. Man sieht, wie die Kerne der Hüllengebilde um die Ganglienkugeln kreisförmig herumgehen. Diese werden dann von hellen Kapseln umgeben. Faserfortsätze, die nach beiden Seiten verlaufen, lassen sich an einzelnen Stellen mehr oder minder deutlich wahrnehmen.

Fassen wir die Hauptergebnisse des bisher Gesagten zusammen, so ergiebt sich, daß die Scheiden vieler Ganglienkugeln in Faserfortsätze, die meist an ihren Endpolen liegen, übergehen. Man sieht vor Allem in Fischen, daß der markige Inhalt ächter Nervenfasern bis zur Ganglienkugel verläuft. Das nähere Verhältniß, in dem diese beiden Gewebeelemente zu einander stehen, ob sie an einander stoßen oder neben einander vorübergehen, ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit ermittelt. Die Ganglienkugeln des Frosches zeigen viele beiderseitige Faserfortsätze, in denen sich kein öligter Nerveninhalt bis jetzt nachweisen ließ und die bisweilen lange Strecken weit neben den gewöhnlichen Nervenfasern verlaufen. Die gegenseitigen Mengenverhältnisse von diesen und den Ganglienkugeln lehren deutlich, daß nicht alle diese Gebilde ächte Nervenfasern an beiden Seiten darbieten. Es können endlich mehrere Ganglienkugeln in einer gemeinschaftlichen Hülle eingeschlossen sein.

---

[1]) Nova acta, a. a. O. Taf. VII. Fig. 50.
[2]) Ludwig, in Müller's Archiv. 1848. S. 142.

Petit hatte schon im vorigen Jahrhundert angenommen, daß der 4605
sympathische Nerv ein eigenes, von dem Gehirn und dem Rückenmarke unabhängiges centrales Nervensystem darstellt. Reil und Bichat suchten diese Ansicht, vorzüglich aus allgemeinen theoretisch-physiologischen Gründen zu stützen. Man sprach daher häufig von einer Selbstständigkeit des Gangliensystems. Bidder und Volkmann glaubten in neuerer Zeit die Richtigkeit dieser Ansicht auf anatomischem Wege nachweisen zu können. Prüft man alle bis jetzt bekannten Thatsachen, so ergiebt sich, daß ein sehr großer Theil der ächten Primitivfasern, wo nicht alle, welche aus den Knoten des Sympathicus oder aus anderen Ganglien austreten, mit dem Rückenmarke oder dem Gehirn, gleich den anderen Cerebrospinalnerven zusammenhängen. Man kann dagegen kaum bezweifeln, daß eine Faservermehrung in den Ganglien, wie an anderen Stellen des peripherischen Nervensystemes vorzukommen pflegt.

Remak [1]) hatte schon bemerkt, daß die ächten Nervenfasern, die man in den Aesten des Sympathicus bemerkt, sehr schmale Durchmesser darbieten. Purkinje, Pappenheim und Rosenthal hatten zum Theil die feinen Fasern als vegetative Fasern angesehen und der erstere sie vorzüglich an der weichen Hirnhaut beobachtet (S. 597). Ich gab endlich an, daß sehr dünne ächte Nervenfasern in dem sympathischen Nerven, auf den Blutgefäßen und den Drüsengängen häufig angetroffen werden [2]). Bidder und Volkmann [3]) betrachteten nun die schmalen Fasern als die eigenthümlichen Fasern, welche von dem Gangliensysteme ausgehen, während die breiten aus dem Gehirn und dem Rückenmarke entspringen. Sie nannten daher die ersteren sympathische und die letzteren animale Fasern. Sie machten darauf aufmerksam, daß offenbar eine größere Menge ächter Nervenfasern aus manchen Knoten aus- als eintreten. Man gelangt zu dieser Ueberzeugung, wenn man die Faserverhältnisse des gesammten Grenzstranges des Sympathicus im Frosche mikrometrisch verfolgt. Der Augenknoten der Katze, der Hauptknoten des herumschweifenden Nerven der Fische führt zu dem gleichen Ergebnisse. Die Vervielfältigung tritt um so auffallender hervor, als die Zweige, welche das Ganglion entläßt, weit mehr feine Fasern, als die eintretenden Stämme darbieten.

Bidder und Volkmann betrachteten daher die Nervenknoten als anatomische Centralwerkzeuge. Neue sympathische Nervenfasern entstehen nach ihnen in den Knoten der hinteren Rückenmarkswurzeln und gehen dann theils zum Rückenmarke, theils zu dem Grenzstrange des Sympathicus, in dessen Ganglien, so wie in den übrigen Knoten überhaupt frische sympathische Fasern hinzukommen. Die Cerebrospinalnerven führen eine Mischung animaler und sympathischer Fasern. Beide lassen sich durch ihre Durchmesser, zwischen denen fast keine Mittelformen vorkommen, unterscheiden. Der Stamm des Sympathicus des Menschen lieferte z. B. 0″, 00012 bis 0″, 00022 für die sympathischen und 0″,00046 bis 0″, 00068 für die animalen Fasern, während die Mittelgrößen 0″, 00023 bis 0″, 00045 gar nicht vorkamen. Volkmann [4]) zerfaserte daher eine große Reihe beliebiger Körpernerven, suchte die gegenseitigen verhältnißmäßigen Mengen des dünnen und der dicken Fasern zu bestimmen und betrachtete die ersteren als sympathische, in dem oben erwähnten Sinne. Es ergab sich hierbei, daß die dünnen Fasern in den Zweigen, welche zu unwillkührlichen Muskeln gehen, in hohem Grade vorherrschen, in denen hingegen, die zu willkührlichen Muskeln verlaufen, beträchtlich zurücktreten.

---

[1]) R. Remak, Observationes anatomicae et microscopicae de systematis nervosi structura. Berolini 1838. 4. p. 6.

[2]) Vergl. über alle diese Beobachtungen Repertorium. Bd. V. 1840. S. 79 — 85.

[3]) F. H. Bidder u. A. W. Volkmann, Die Selbständigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Untersuchungen nachgewiesen. Leipzig 1842. 4. S. 16 fgg.

[4]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. S. 591 — 599.

Die Nerven der empfindlichen Schleimhäute enthalten mehr feine Fasern, als die der äußeren Haut. Jene treten auch in reichlicher Menge in den Drüsennerven hervor [1]).

Es ist, wie sich von selbst ergiebt, nicht gerechtfertigt, jede schmale Faser, die wir in irgend einem Nerven finden, ohne Weiteres als sympathische anzusprechen. Verfolgt man aber die Verhältnisse genauer, so spricht eine Reihe von Gründen gegen die eben erwähnte Auffassungsweise.

Halten wir uns an die Nervenstämme, so finden wir zahlreiche breite Fasern in den bewegenden Wurzeln der Rückenmarksnerven und in manchen vorzugsweise bewegenden Anfängen der Hirnnerven, wie z. B. in dem gemeinschaftlichen Augenmuskel-, dem Rollmuskel-, dem äußeren Augenmuskelnerven, dem Antlitznerven und dem Unterzungennerven des Menschen. Der Grenzstrang des sympathischen Nerven und die von ihm und den Eingeweideknoten ausstrahlenden Aeste enthalten häufig vorherrschend feine Fasern. Diese kommen sogar oft in manchen Aesten ausschließlich vor. Man stößt jedoch auch auf einzelne oder zahlreiche breitere. Untersuchte ich z. B. den Grenzstrang eines sehr großen grünen Grasfrosches in der Gegend der Nieren, so fand ich ganze Bündel breiter Nervenfasern. Der linke größere Eingeweideast (R. splanchnicus major) eines fünfwöchentlichen Albinokaninchens führte feinste (= 0‴, 0017.), mittelfeine (= 0‴, 0027.) und grobe Fasern (= 0‴, 0050.). Obgleich er in seinem Verlaufe, den ich in einzelnen Bruchstücken verfolgte, mindestens drei mikroskopische Ganglien darbot, so fanden sich doch noch die breiten (= 0‴, 0050 bis 0‴, 0061) und die mittelbreiten (= 0‴, 0030) neben feineren (= 0‴, 0016) unmittelbar vor der Einsenkung in das Sonnengeflecht wieder. Ein Ast, der aus diesem entsprang, enthielt noch Fasern von 0‴, 0030 Durchmesser.

Es können mithin Fasern von beträchtlicher Breite, wenn auch in den selteneren Fällen in dem Grenzstrange und den Zweigen des Sympathicus vorkommen. Man findet allerdings häufig, daß viele Aeste fast nur aus feinen Fasern bestehen. Man bemerkt in den verschiedensten Nerven, daß einzelne Bündel vor Allem schmale, andere breitere und noch andere eine Mischung von beiden enthalten. Man stößt aber fast immer auf Mittelgrößen, so daß in dieser Beziehung keine Kluft zwischen den beiderlei Fasern vorhanden ist, daß die Durchmesser allein kein sicheres Merkmal abgeben können [2]).

Man bemerkt häufig an einzelnen Nerven, daß sich ihre Durchmesser in ihrem Verlaufe verändern. Ein solcher Wechsel tritt sogar in manchen Fällen als Regel auf. Während die Muskelnerven noch zahlreiche breite Fasern in ihren dünneren Verzweigungen darbieten, sind viele der Fasern, die man in der Muskelmasse selbst antrifft, auffallend schmal. Die Individualität der Thiere bedingt hierbei übrigens die bedeutendsten Unterschiede, wie man z. B. bei der Vergleichung der Augenmuskeln eines Knochenfisches und der Maus sehen kann. Jene führen noch verhältnißmäßig breitere und diese sehr dünne Fasern. Manche empfindende Häute, wie z. B. die Mundschleimhaut, die Bindehaut und die Hornhaut des Frosches, bieten feinere, andere, wie die Zungenschleimhaut, etwas breitere und noch andere, wie das Zahnsäckchen des Menschen, eine nicht unbedeutende Menge von breiten dar. Wir werden in der Nervenphysiologie sehen, daß es wahrscheinlich von bedeutendem Einflusse ist, ob eine Faser mehr Nervenmark für die gleiche Länge enthält oder nicht. Mag man aber die unwillkührlichen und die unbewußten Thätigkeiten oder den Einfluß, den die Nerven auf die Ernährungserscheinungen ausüben, dem Sympathicus oder den Ganglien zuschreiben wollen, so stimmt keine dieser später zu besprechenden Hypothesen mit dem Vorkommen der breiteren oder der schmäleren Nervenfasern, wenn man deren Durchmesser allein im Auge behält.

Der Nerveninhalt, den man in den schmalen Fasern der Ganglienzweige antrifft, unterscheidet sich, so viel man bis jetzt weiß, in keiner Weise, von dem der übrigen Fa-

---

[1]) Vergl. auch A. Kölliker, Die Selbstständigkeit und Abhängigkeit des sympathischen Nervensystems, durch anatomische Beobachtungen erwiesen. Zürich 1844. 4. S. 22. 23.

[2]) Repertorium. Bd. VIII. S. 110 fgg. Kölliker, a. a. O. S. 10 fgg, u. B. Beck, Ueber die Verbindung des Sehnerven mit dem Augen- und Nasenknoten, sowie über den feineren Bau dieser Ganglien. Heidelberg 1847. 8. S. 38 fgg. Kölliker, in seiner und Siebold's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. I. Leipzig 1849. 8. S. 153 fgg.

fern. Er ist in frischem Zustande eben so milchglasartig hell und halbdurchsichtig, bildet eben so leicht Varicositäten unter ähnlichen Verhältnissen, zeigt die doppelten Seitenlinien bei dem Beginne der Gerinnung und verhält sich gegen Weingeist, Essigsäure, Kali und dergleichen auf dieselbe Art, wie das Mark der übrigen Fasern. Wenn häufig genug die Fasern, die wir aus den Ganglienzweigen darstellen, ein eigenthümliches Ansehen besitzen, so liegt dieses vor Allem in den Hüllenbildungen, in den Scheidenfortsätzen, die wir schon bei Gelegenheit der Ganglienkugeln kennen gelernt haben.

Hat man einen einfachen Cerebrospinalnerven zerfasert, so werden die einzelnen Nervenfasern von so zarten und durchsichtigen Hüllen oder Begrenzungshäuten umgeben, daß man sie häufig nur unter gewissen künstlichen Verhältnissen, wie z. B. an den bruchsackartigen Erweiterungen oder umgekehrt an den Stellen, wo das Mark mechanisch oder chemisch beseitigt worden, erkennt. Diese Scheiden werden bisweilen in den peripherischen Theilen, in denen sich die Nerven verbreiten, dicker oder breiter. Zerlegen wir dagegen z. B. den Grenzstrang des Sympathicus des Frosches, so bemerken wir, daß derbere und undurchsichtigere Hüllen das Mark umgeben. Wiederholt man den gleichen Versuch an einem Sympathicuszweige des Hundes, des Schaafes oder des Kaninchens, so ist es jene graue faltige Masse der Scheidenfortsätze, welche hier den Markinhalt der Fasern verdeckt. Selbst der Gebrauch des Kalis bringt nur den öligten Inhalt eines Theiles der Fasern zum Vorschein. Es kann sich sogar z. B. in den Zweigen des Sonnengeflechtes des Kaninchens ereignen, daß auch dieses Mittel gänzlich fehlschlägt.

Wir haben schon früher (S. 600) gesehen, daß diese Eigenthümlichkeit der Hüllenbildung mit den Nerven und den Thieren wechselt. Der Gasser'sche Knoten und der Hauptknoten des herumschweifenden Nerven des Aales zeigen diese Verschiedenheit in auffallendem Grade. Vergleicht man die Knoten des dreigetheilten Nerven in dem Aale und der Schleihe, so kann man sich von dem Einflusse, den die Individualität der Thiere ausübt, überzeugen.

Es ergiebt sich aus den eben mitgetheilten Verhältnissen, daß wir nicht im Stande sind, zwei gesonderte Klassen von Nervenfasern, die sich durch ihre Durchmesser unterscheiden und keine Mittelgrößen als wechselseitige Uebergänge darbieten, anzunehmen. Gäbe es den Ganglien eigenthümliche Nervenfasern, so wäre die Schmalheit ihres Markinhaltes nur ein Nebenmerkmal, das aber anderen Fasern eben so gut zukommen kann. Der Name sympathischer Fasern hat den Nachtheil, daß er theoretisch-anatomische und physiologische Begriffe und Charaktere unterlegt, die einem großen Theile der schmalen Fasern in keinem Falle zukommen.

Die Dicke der Nerven nimmt häufig so sehr zu, daß dieses schon dem freien Auge auffällt. Die Vergleichung der Wurzeln eines, selbst nicht gangliösen Hirnnerven, wie z. B. der Unterzungennerven mit dem bald folgenden Hauptstamme kann dieses leicht bekräftigen. Betrachtet man z. B. die Wurzeln und die Stämme der elektrischen Nerven oder die Ursprungsfäden der vordern Rückenmarksnerven und den aus ihnen entstehenden sehr starken Stamm, welcher die Muskeln des Vordertheiles des Zitterrochens versorgt, so wird man den Unterschied in auffallendstem Maaße wahrnehmen. Die gleiche Erscheinung wiederholt sich in vielen Nervenknoten, sei es, daß ein einziger Hauptstamm oder daß eine Reihe von Zweigen aus ihnen hervortreten.

Der Gedanke, daß die Ganglien des Sympathicus oder die Nervenknoten überhaupt anatomische selbstständige Werkzeuge seien, führte zu der Ansicht, daß eigene Ganglienfasern in ihnen entspringen müßten. Man berief sich zuerst auf die mit freiem Auge kenntlichen grauweißen oder grauröthlichen Fasern, welche von vielen Ganglien des Menschen und der Säugethiere ausgehen und sich den weißen Nervenbündeln anlegen. Da aber hier die erwähnten Scheidenfortsätze oder Remak'schen Fasern die ächten Nervenfasern in reichlicher Menge einschließen, so fehlt jeder sichere entscheidende Nachweis der Hauptsache.

Helmholtz und Will hatten in einzelnen wirbellosen und Hannover in den Wirbelthieren gefunden, daß Nervenfasern aus den Ganglienkugeln entspringen. Kölliker [1]) sah mit Mark versehene Abgangsfasern in den Spinalknoten und den Gang-

[1]) Kölliker, a. a. O. S. 18 u 22.

lien des sympathischen Grenzstranges des Frosches, in den Spinalganglien der Schildkröte und der Katze, dem Gasser'schen Knoten dieses Thieres und des Meerschweinchens und dem vierten Brustknoten der Katze. Er nahm daher an, daß eine gewisse Menge von Cerebrospinalfasern die Ganglien durchsetzt. Viele Ganglienkugeln liegen nur den Nerven an. Andere dagegen entlassen ächte Ganglienfasern, von denen die Zunahme der Nervenfasern abhängt. Der Sympathicus ist daher insofern abhängig, als er zahlreiche aus dem Rückenmarke stammende Fasern einschließt und insofern selbstständig, als Ganglienfasern von ihm und den Knoten überhaupt ausgehen. Die Anwesenheit dieser letzteren Gebilde ist dann von vielen Forschern gesehen und in der eben erwähnten Weise oder als Nachweis der Selbstständigkeit des Gangliensystemes gedeutet worden [1]).

Die oben S. 600 erwähnten an Fischen angestellten Untersuchungen haben der Sache eine andere Wendung gegeben. Je besser sich die Knoten eines solchen Thieres zur Zerfaserung eignen, um so mehr überzeugt man sich, daß mindestens zwei, später ächtes Nervenmark zeigende Fortsätze von jeder Ganglienkugel ausgehen. Wer sich mit der Untersuchung der Forelle, des Aales, der Quappe oder des Zitterrochens und der Lamprete anhaltender beschäftigt hat, wird diese Ueberzeugung gewiß theilen. Allein selbst der Frosch und die Säugethiere führen zu dem gleichen Ergebnisse. Man sieht häufig im Frosche Bilder, wie sie uns Kupfertafel Fig. 15 darbietet. Manche Ganglienkugeln, *a* Fig. 15, die noch von einer hellen Hülle rings herum umschlossen werden, bieten einseitige Schwanzfortsätze dar. Andere, *b*, ergeben das Gleiche, jedoch mit dem Unterschiede, daß die Ganglienkugel an ihrem entgegengesetzten Ende oder in dem größten Theile ihres Verlaufes der Kapselumhüllung entbehrt. Der Schwanzfortsatz ist in den meisten Fällen einfach. Man findet dagegen in seltenen Fällen, daß er einen dunkelen Zwischenraum, als wenn er doppelt wäre (Kupfertafel, *c* Fig. 16) darbietet. Andere benachbarte Ganglienkugeln (*d*) zeigen keine der erwähnten Verhältnisse. Fig. 16 ist aus einem Zerfaserungsstücke des hinteren Wurzelknotens des fünften linken Rückenmarksnerven eines sehr großen grünen Grasfrosches gezeichnet. Ich habe nur *b* noch anderen Präparaten hinzugefügt, um nicht eine zweite Abbildung nöthig zu machen. Aehnliche Anschauungen kehrten häufig in zerfaserten Bruchstücken der Knoten der Säugethiere wieder. Ich sah sie z. B. häufig in den verschiedensten Brustknoten des Grenzstranges der Katze und des Kaninchens, dem obersten Halsknoten des sympathischen Nerven des Schaafes und dergleichen.

Verfolgt man die Verhältnisse genauer, so mehrt sich der Verdacht, daß diese Bilder auf Kunstproducten beruhen. Man bemerkt sie vor Allem an zerrupften Bruchstücken der Knoten. Der Wechselfall, daß manche Ganglienkugeln zum Theil frei liegen, andere dagegen in ihren Hüllen vollkommen eingekapselt sind, deutet schon darauf hin, daß hier die zufällige Zerreißung eine Hauptrolle spielt. Ist noch die vollständige Kapsel vorhanden, so gelingt es bisweilen den Ueberrest eines zweiten abgerissenen Fortsatzes bei genauerem Nachsuchen an derselben Seite oder nach dem Umwenden des zwischen zwei dünnen Glasplatten befindlichen Präparates nachzuweisen. Ganglienkugeln, die noch haufenweise an durchsichtigeren Stellen liegen, führen nicht selten zu einer ähnlichen Erfahrung. Der zweite Fortsatz, der auf den ersten Blick zu fehlen scheint, kommt in irgend einer versteckten Lage zum Vorschein. Betrachtet man endlich durchsichtige Häute, wie das Harnblasengekröse, in denen einzelne oder wenige Ganglienkugeln ohne weite Präparation sichtbar werden, so sieht man immer doppelte Fortsätze der oben erwähnten hellen durchsichtigen Kapsel.

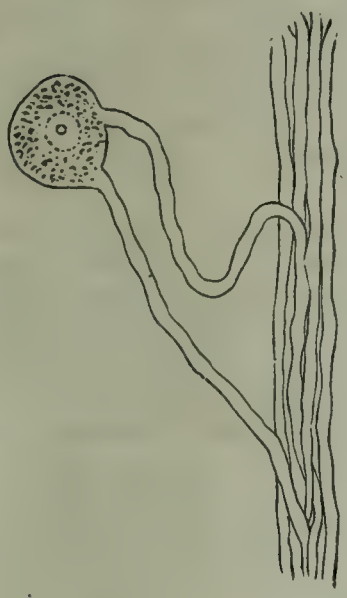
Faßt man die einseitigen Ursprünge der Nervenfasern als Kunstgebilde auf, so frägt es sich, in welcher Richtung die beiderseitigen Fortsatze, welche die markige Nervenmasse vorzüglich in Fischen so deutlich zeigen, verlaufen. Hat man zerfaserte Präparate, so sieht man größtentheils, daß die Fortsätze in entgegengesetzter Richtung fortgehen. Noch entscheidender sind die Beobachtungen, die man z. B. an den Magenzweigen der Quappe, des Hechtes und anderer Fische häufig macht. Es gelingt hier nicht selten, die Ganglienkugeln mit ihren Fortsätzen in ihrer natürlichen Lage unmittelbar wahrzunehmen. Der eine Fortsatz geht dann in der Richtung nach dem Gehirn und der zweite in der nach der Peripherie. Nimmt man an, daß die Ganglienkugeln zwischen ächten einfach fortlau-

[1]) Vergl. B. Beck, a. a. O. S. 25 — 52. Kölliker, in seiner Zeitschrift a. a. O. Seite 135 fgg.

fenden Nervenfasern eingeschaltet sind, so kann dieses Verhältniß keine Faservermehrung bedingen.

Bidder [1]) bemerkte in einzelnen Fällen, daß die beiden Fortsätze der Ganglienkugel peripherisch verlaufen, so wie es Fig. 356 aus einem Spinalknoten der Quappe andeutet. Die Stellen, an denen sie von der Ganglienkugel abgingen, lagen dann nicht an den beiden Polen, sondern nahe bei einander. Ich habe das Letztere in seltenen Fällen ebenfalls gesehen. Die Fortsätze verliefen aber dann wenigstens im Anfange nach entgegengesetzten Seiten. Es ist mir kein Präparat in einem Fische oder einem anderen Thiere vorgekommen, welches mir den peripherischen Verlauf beider Fortsätze, selbst nur in der kurzen Strecke, welche ein mikroskopisches Präparat einnimmt, mit Sicherheit dargeboten hätte. Wäre dieses die gewöhnliche Quelle der Faservermehrung, so müßte man solche Anschauungen häufig antreffen. Die umspinnenden Fasern der Ganglien könnten zwar Manches der Art darbieten, ohne daß man es genauer zu verfolgen mag. Allein gerade jene sparsamen in den Wurzelzweigen des dreigetheilten Nerven, in den Kiemen-, den Schlund- und den Magenästen eingestreuten Ganglienkugeln, bei denen man den natürlichen Faserverlauf überblickt, haben mir nie ein Bild der Art gezeigt.

Fig. 356.



Man könnte die Faservermehrung in den Ganglien und in den von ihnen ausgehenden Nervensträngen daraus herleiten, daß viele Nervenfasern eintreten, umbiegen und wieder zu demselben oder einem anderen Zweige herausgehen. Die umspinnenden Primitivfasern könnten hier wieder manches Verhältniß der Art begründen. Es ist keine Frage, daß einzelne solcher Umbiegungen in der That vorkommen. Kupfertafel Fig. 17 zeigt uns z. B. ein Stück des in der Gegend des fünften bis sechsten Knotens befindlichen Theiles des Grenzstranges eines grünen Grasfrosches, nachdem es mit kaustischem Kali durchsichtiger gemacht worden. Die Umbiegung *a* lag im Innern der Faser, so daß sie nicht etwa als ein Kunsterzeugniß gelten konnte. Die beiden Schenkel *b* und *c* verliefen ebenfalls in der Tiefe und ließen sich noch beträchtlich weiter, als es die Figur angiebt, mindestens mehrere Millimeter rückwärts verfolgen. Der obere Theil des herumschweifenden Nerven der Quappe lieferte mir ein Mal eine ganz ähnliche Anschauung.

Dieselben Einwände, welche gegen den peripherischen Verlauf der beiden Fortsätze der Ganglienkugel gemacht werden, kehren auch hier wieder. Lassen wir die zweifelhaften Verhältnisse der umspinnenden Primitivfasern bei Seite, so bemerkt man solche Schlingen, wie sie Kupfertafel, Fig. 17 abgebildet worden, äußerst selten.

Engel beschrieb Ganglien, die jeder Wurzel entbehren, aus dem faserigen Ueberzuge der Luftröhrenknorpel und Wharton Jones einen zweiten Augenknoten aus dem Hunde und der Katze, der keine Aeste abgebe [2]). Künftige Beobachtungen werden lehren müssen, welche Verhältnisse diesen Mittheilungen zum Grunde liegen.

Manche Anschauungen deuten darauf hin, daß Theilungen in einzelnen Ganglien in ähnlicher Weise, wie in den freien Nerven vorkommen. Die Untersuchungen stoßen hier auf außerordentliche Schwierigkeiten. Keines der vielen Reagentien, die ich zu verschiedener Zeit versuchte, führte zu beständigen Ergebnissen. Ich stieß aber häufig auf Theilungsbilder, die an und für sich klar, jedoch einer verschiedenen Deutung fähig waren. Kupfertafel, Fig. 18, zeigt uns ein Präparat aus dem Gasser'schen Knoten einer mittelgroßen Forelle. Die Faser *a* weicht in der unmittelbaren Nähe der Ganglienkugel *b* gabelig aus einander, ohne daß sich das fernere Schicksal dieses Gebildes klar darstellte.

---

[1]) Bidder, a. a. O. S. 38.
[2]) Beck, a. a. O. S. 45.

Anschauungen der Art kommen auch bisweilen im Frosch vor. Die Faser c, Kupfertafel Fig. 19, sonderte sich in zwei Fasern *d* und *e*. Die Ganglienkugel *f* lag tiefer als *d* und *e*.

Fig. 19 ist aus dem Spinalknoten des Leistennerven eines mittelgroßen grünen Grasfrosches genommen. Das Ganze war zuerst mit Terpenthinöl und dann mit einer schwachen Kalilösung behandelt worden. Die bei *a* sichtbare Haupttheilung war so scharf ausgesprochen, als es die Zeichnung angiebt. Die bei *b* gezeichneten Spaltungen ließen sich nicht deutlicher, als ich es in der Figur wiedergegeben, verfolgen. Ein ähnliches Theilungsbild erhielt ich ein Mal in dem Spinalknoten des Schenkelnerven eines anderen Frosches, nachdem ich das Ganze nur mit Wasser befeuchtet hatte. Kupfertafel, Fig. 20 stammt aus dem Knoten des herumschweifenden Nerven der Maus, Fig. 21 aus dem des Schaafes und Fig. 22 aus dem obersten Halsknoten des zuletzt genannten Thieres.

Mehrere Nebenverhältnisse können hier zu Trugbildern führen. Ist z. B. in den Säugethieren eine umspinnende Primitivfaser ihres Inhaltes an einer Stelle beraubt worden, während gerade eine faserige Masse an den Unterbrechungspunkten liegt, so wird sich der Schein einer Theilung verrathen. Sieht man den Nerveninhalt nicht deutlich, so können Bruchstücke von Scheidenfortsätzen zu Täuschungen führen. Hat man den Knoten eine Zeit lang in Terpenthinöl liegen lassen, so zeigen die verschiedensten faserigen Gewebe desselben eine besondere Neigung sich bei dem Zerfasern zu schilfern und in untergeordnete Fadenbruchstücke aus einander ziehen zu lassen. Eine Verwechselung mit Blutgefäßen dagegen ist wohl kaum möglich.

Robin und Bidder nehmen an, daß die schmalen Fasern, welche der Letztere als sympathische auffaßte, mit kleineren Ganglienkugeln in Verbindung stehen. Man kann sich bei der Beobachtung des Vagusknotens des Hechtes oder der Quappe bald überzeugen, daß an einzelnen Stellen kleine Ganglienkugeln, von denen nur schmale Fortsätze ausgehen, haufenweise beisammen liegen, während größere an anderen Stellen vorkommen. Die Annahme dagegen, daß den schmalen Fasern eigenthümliche kleinere Ganglienkugeln entsprechen und daß man hier ein neues Merkmal der sogenannten sympathischen Fasern habe, läßt sich nicht durchführen. Die Breite der Fasern wächst nicht in gleichem Verhältnisse mit der Größe der Ganglienkugeln. Man sieht nicht selten, daß eine größere Ganglienkugel mittelbreite oder selbst schmale Faseranhänge darbietet. Es kann selbst vorkommen, daß an einer Seite eine breite und an der anderen eine schmale austritt. Die Zweige des herumschweifenden Nerven der Fische, welche die sympathischen Elemente in so reichlichen Maaße enthalten sollen, führen häufig große Ganglienkugeln und breitere Fasern. So der Herzast, die Schlund- und die Magenäste. Es ist mir sogar hier eine Thatsache aufgefallen, die vielleicht andeutet, daß sich die Fasern bei ihrem ferneren Verlaufe verbreitern. Prüfte ich den Herzast einer großen Quappe in der Nähe seines doppeltwurzeligen Ursprunges, so fand ich vorherrschend schmale Fasern, welche mit reichlichen grauen Hüllen versehen waren. Untersuchte ich ihn weiter unten, so sah ich breite Fasern. Etwas Aehnliches wiederholte sich in dem Magenaste eines mittelgroßen Hechtes.

4606 Thätigkeit der peripherischen Nervengebilde. — Die Wirkungsweise aller Organe hängt wesentlich von der Molecularbeschaffenheit der in ihnen enthaltenen Gewebe ab. Sie bestimmt es, ob ein Theil für äußere Einflüsse empfänglich ist oder nicht, welche Größe und welche Dauer des Erfolges eine Anregung begleiten, ob ein Werkzeug des lebenden Körpers in jedem Augenblicke sichtlich fortarbeitet oder sich nur zu gewissen Zeiten durch bestimmte Gelegenheitsursachen auffallend verändert. Die regelrechten Lebensthätigkeiten setzen passende Molecularverhältnisse ihrer Träger voraus. Die Zweckmäßigkeit der Organisation bedingt es anderseits, daß die lebendige Arbeit die nöthigen physikalischen Eigenschaften unterhält. Aendern sich diese, so folgen jene Störungen, die wir als Krankheit bezeichnen, nach. Haben sie sich bis zu einem gewissen Grade summirt, so steht das gesammte Räderwerk im Tode still. Viele Stücke

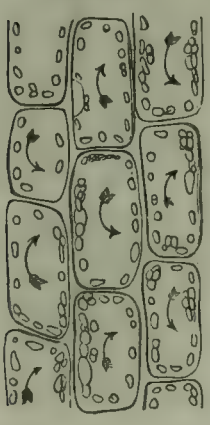
verlieren dann ihre frühere Molecularbeschaffenheit nur nach und nach. Es bleiben daher noch gewisse Erinnerungen der vorangegangenen Lebenserscheinungen. Die Unempfänglichkeit des völligen Todes ist auch mit einer Molecularveränderung verbunden. Sie bildet den ersten Schritt zur Fäulniß und zur Vernichtung aller früheren Lebensfähigkeiten.

Die peripherischen Nerven und die Muskeln können zwar ihre vorzüglichsten Eigenschaften nach dem Tode eine Zeit lang des Thieres bewahren. Sie gehören aber nicht zu denjenigen Gebilden, welche auf die höchsten Grade der Zähigkeit in dieser Beziehung Anspruch machen.

Da sich die Bewegungserscheinungen am Leichtesten verfolgen lassen, so habe ich den Versuch gemacht, die Dauer, während welcher sich eine Reihe der wichtigsten von ihnen nach dem Absterben des Ganzen oder getrennt von diesem erhält, zu bestimmen. Es versteht sich von selbst, daß die höchsten Werthe, welche Untersuchungen der Art liefern, eine nur vorläufige Bedeutung haben, weil sie von anderen glücklicheren Erfahrungen verdrängt werden können.

1) Zellensaftdrehung der Vallisnerie (Vallisneria spiralis.). — Verfertigt man sich einen feinen Längsschnitt aus dem Blatte dieser Pflanze, so sieht man, vorzüglich an den Fig. 357 abgebildeten Inhaltskörpern, den hellen vereinzelten größeren Massen und den Schleimballen, daß sich der Saft einer jeden Zelle im Kreise oder wahrscheinlich richtiger schraubenförmig herumdreht. Die Ströme pflegen meist, jedoch nicht immer in benachbarten Zellen in entgegesetzten Richtungen dahin zugehen, so wie es die Pfeile in Fig. 357 andeuten. Untersucht man den Schnitt unmittelbar nachdem er verfertigt worden, so findet man Alles in Ruhe. Läßt man ihn aber dann einige Zeit in Wasser liegen, so bemerkt man die Saftströmung in den längeren Zellen der Mittelschichten, fast nie dagegen in denen der oberflächlichen Lagen. Die Geschwindigkeit der Bewegung der Körperchen ändert sich häufig im Laufe der mikroskopischen Prüfung. Sie wechselt oft von Zelle zu Zelle und nicht selten sogar in den verschiedenen Bezirken derselben Zelle. Beschwert man den Schnitt mit einem Deckplättchen oder behandelt man ihn unter dem Compressorium, so kann sich dessenungeachtet die Strömung in vielen Zellen erhalten.

Fig. 357.



Bestimmte ich die geradlinigte Geschwindigkeit der an den Seitenwänden dahingleitenden Inhaltskörperchen in Schnitten, die eine halbe Stunde vorher von der lebendigen frischen Pflanze genommen worden, so erhielt ich $\frac{1}{120}$ bis $\frac{1}{180}$ Mm. für die Secunde Sie sank aber hier schon in einzelnen Zellen auf $\frac{1}{250}$ Mm. Sie wurde in manchen Schnitten so gering, daß man das Fortrücken der Kügelchen unter einer 255fachen Linearvergrößerung kaum bemerkte.

Die Wärme des umgebenden Wassers kann auf 5°C. und wahrscheinlich noch tiefer sinken, ohne daß die Saftdrehung aufhört. Sie erhielt sich in einem Schnitte, der mit Wasser von + 29 bis 30°C. befeuchtet worden war. Ein Präparat, das unter etwas Wasser ¼ Stunde in Aetherdampf gelegen, hatte seine Saftbewegung verloren. Diese war an der Luft ¼ Stunde später nicht wiedergekehrt. Sie verblieb länger als 8, aber weniger als 35 Minuten in einer wässerigen Auflösung des Opiumextractes. Eine gesättigte kalte Auflösung des salpetersaueren Strychnins ergab in dieser Hinsicht mehr als ¼, aber weniger, als 1 Stunde. Die Kügelchen hatten sich dann an vielen Orten auffallend zusammengeballt. Obgleich indeß das Präparat in Wasser aufbewahrt worden war, so kehrte doch die Drehung nach 18 bis 19 Stunden nicht wieder.

Dünne Blattschnitte behalten ihren Saftlauf Wochen und Monate lang. Man braucht sie deshalb nicht von frischen, sondern kann sie von halbverfaulten Blättern entnommen haben. Ich hatte z. B. einen Schnitt den 14. November aus einem solchen zerstörten Blatte verfertigt und ließ ihn in dem gleichen Wasser fortwährend liegen. Dieses trübte sich in hohem Grade. Man bemerkte bald in ihm eine große Menge von

Infusionsthierchen. Der Saftlauf konnte dessenungeachtet noch am 17. Januar zum letzten Male wahrgenommen werden. Er hatte sich also in dem losgetrennten Schnitte bis in den dritten Monat hinein erhalten, obgleich jener indeß an vielen Punkten schleimig zerflossen war und sich theilweise entfärbt zeigte. Wäre die Fäulniß durch einen häufigen Wechsel des Wassers beschränkt worden, so würde wahrscheinlich die Saftbewegung noch länger fortgedauert haben.

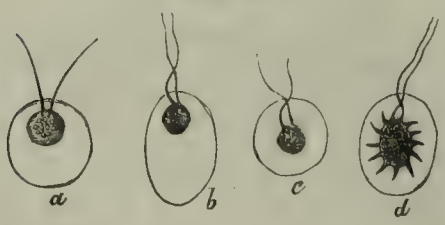
Ich pflegte das Präparat täglich zu untersuchen. Es ereignete sich hierbei, daß ich keinen Saftlauf an einzelnen Tagen entdecken konnte, daß er aber ein oder zwei Tage später mit der größten Lebhaftigkeit vor sich ging. Dieser Unterschied hing weder von Nebeneinflüssen des Druckes, noch von der Wärme des umgebenden Wassers allein ab. Die Kügelchen der längeren mittleren Zellen bewegten sich zwei Monate lang, während die der oberflächlicheren kleineren Zellen ruhten. Diese zeigten aber gerade in den letzten Tagen die lebhafteste Saftströmung. Neigte sich der Inhalt der größeren mittleren Zellen zur Ruhe, so standen oft die grünen Körper still, wenn die Schleimballen noch in Thätigkeit begriffen waren.

2) Saftbewegung der Charen (Chara flexilis). — Die Ströme verfolgen auch hier Schraubenbahnen. Die Geschwindigkeit wechselt in nicht unbedeutendem Grade. Die großen Kugeln gehen oft langsamer, als die übrige Masse dahin. Ihre Schnelligkeit nimmt häufig an einzelnen Orten, an denen wahrscheinlich ein größerer Widerstand auftritt, sichtlich ab. Bewegte sich Alles mit einer gewissen Lebhaftigkeit, so erhielt ich $^1/_{32}$ bis $^1/_{64}$ Mm. für die Secundengeschwindigkeit der feineren Körner des Saftes. Die größeren Kugeln rollen meist nur mit einer Schnelligkeit von $^1/_{58}$ bis $^1/_{135}$ Mm. dahin. Die Aetherdünste, eine wässerige Auflösung des Opiumextractes oder des salpetersaueren Strychnins wirkten hier ähnlich, wie in der Vallisnerie. Ließ ich Charen einfrieren, so zeigte ein Stück, dessen Fortsetzung im Eise unmittelbar festgeklemmt war, seinen ungestörten Saftlauf. Andere Präparate, die Stunden lang in Wasser von + 2° C gelegen hatten, ergaben das Gleiche. Präparate, die nur aus wenigen Gliedern bestanden, behielten ihre Saftbewegung Tage lang bei.

Ich habe bis jetzt die zweite Art der pflanzlichen Saftströmung, in welcher die einzelnen Bäche den Kern zum Ausgangs- und Endziele wählen oder selbstständige Netzbahnen beschreiben, auf ihre Nebenverhältnisse noch nicht geprüft. Kölliker [1]) gab an, daß ähnliche Erscheinungen in einzelnen thierischen Gebilden und zwar in den Mutterzellen der Samenfäden von Polyclinum stellatum und den hervorsprossenden Armen eines jungen Strahthieres vorkämen. Eine spätere Mittheilung [2]) deutet jedoch an, daß jener Forscher die Bewegung selbst in Polyclinum aus der Anordnung der Ströme gefolgert, nicht aber unmittelbar wahrgenommen hat.

3) Bewegliche Sporen von Haematococcus pluvialis.— Diese Gebilde besitzen zwei Flimmerhaare, die an dem lebenden Geschöpfe leicht übersehen werden (§. 2038.). Arbeiten sie, so bemerkt man sie höchstens für einen Augenblick bei günstiger Beschattung. Tödtet man das Ganze durch Weingeist, so stellen sie sich meist als zwei sehr feine steife und in der Regel gabelig aus einander stehende Borsten, *a* Fig. 358, dar. Jodtinctur bildet hier, wie in anderen Fällen, ein sehr gutes Mittel, um feine Haare sichtbar zu machen. Sie werden dann auffallend dunkeler, und können deshalb leicht aufgefunden werden. Sie bleiben weich und biegsam und erscheinen daher unter den in *b*, *c* und *d* Fig. 358 angegebenen Formen, die jedoch im Leben wahrscheinlich nicht vorkommen. Die Jodtinctur färbt überdies die innere Kugel der Spore ganz dunkel. Diese behält bisweilen ihre runde Gestalt bei (*b c* Fig. 358.). Es kommt aber auch vor, daß eine Menge von Strahlenfortsätzen (*d* Fig. 358.), die man im Leben nicht bemerkt, von ihr ausgehen.

Fig. 358.



[1]) A. Kölliker, Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden. Zürich 1844. 8. S 156.
[2]) A. Kölliker, Die Bildung der Samenfäden in Bläschen als allgemeines Entwickelungsgesetz dargestellt. Neuchatel 1848. 4. S. 43. 44.

Die Sporen, an denen ich meine Untersuchungen anstellte, waren mir von Wydler getrocknet mitgetheilt worden. Sie hatten vorher ungefähr 7 Jahre lang in dem Herbarium von Al. Braun gelegen. Mischte ich die rothe Masse mit Wasser, so bildete sich ein röthlich gefärbter Bodensatz am Grunde des Gefäßes, in dem das Ganze enthalten war. Viele Sporen schwirrten dann nach vier Tagen auf das Lebhafteste herum. Ich konnte sie länger als einen Monat in jedem Tropfen finden. Es versteht sich von selbst, daß wohl nicht die gleichen die ganze Zeit schwirrten, sondern daß wahrscheinlich immer neue auftraten. Viele von ihnen lebten noch länger, als 35 Minuten in einer wässerigen Auflösung des Opiumextractes fort.

4) Bewegung der Samenfäden. — Wir haben schon einige hierher gehörende Thatsachen §. 2046 kennen gelernt. Die Samenfäden eines im März untersuchten Frosches bewegten sich noch acht Tage nach dem Tode des Thieres. Ein im Januar geprüfter Frosch gab 5 bis 6 Tage. Die Samenmasse war hierbei bis zuletzt im Hoden geblieben. Andere Frösche lieferten kürzere Zeiträume. Greift die Fäulniß kraftvoll durch, so erzeugt sich eine große Menge lebhaft schwirrender Vibrionen. Man muß sich hüten, diese für die Körper von Samenfäden anzusehen. Die Samengebilde des Hechtes, der Quappe (Gadus Lota) und der Maus starben mir so früh ab, daß ich keine bemerklichen Zeiträume erhalten konnte. Die Präparate wurden in allen diesen Fällen in dem Bd. I. §. 118 beschriebenen Wasserdampfapparate aufbewahrt.

5) Flimmerbewegung. — Ich kann hier einige Thatsachen zu den schon §. 2009 erwähnten Erfahrungen hinzufügen. Ich ließ den Leichnam eines großen weiblichen Albinokaninchens in einem Luftraume, dessen Wärme des Nachts unter + 5° C., nicht aber unter 0° C. sank, liegen. Die Schleimhaut der Luftröhre und der Luftröhrenverzweigungen flimmerte noch 141 Stunden, mithin beinahe 6 Tage nach dem Tode. Ich konnte dagegen keine Spur von Bewegung 168 Stunden nach dem Absterben trotz allen Suchens wahrnehmen. Die Härchen der Flimmerzellen bewahrten ihre Thätigkeit im Eileiter 2 und in der Nasenschleimhaut 5 bis 6 Tage.

Die Mundschleimhaut eines Frosches (R. esculenta), der in der erwähnten Wasserdampfvorrichtung aufbewahrt worden und schon nach vier Tagen an vielen inneren Theilen vor Fäulniß zerfloß, flimmerte noch 149 Stunden oder 6 bis 7 Tage nach dem Tode. Ein anderes eben so behandeltes und nicht minder zersetztes Thier der Art lieferte sogar das Gleiche nach 193 Stunden oder 8 bis 9 Tagen. Ich hatte diesen Frosch mit Aether betäubt und die hintere Hälfte des Rückenmarkes bloßgelegt. Das Thier war dann nicht mehr zum Leben zurückgekehrt.

Will man die Flimmerbewegungen in diesen älteren verfaulten Theilen untersuchen, so muß man helles gelbes Lampenlicht anwenden. Die Zersetzung erzeugt hier Millionen von Monaden (Monas crepusculum), welche dicht an dem Rande der Schleimhaut auf das Lebhafteste wirbeln. Sie können den Schein von Flimmerbewegung auf den ersten Blick hervorrufen. Sie verdecken aber auch häufig die noch in Thätigkeit begriffenen Flimmerhaare. Diese stehen in den letzten Zeiten unter dem Einflusse des kalten Wassers leicht still. Man sieht sie häufig palisadenartig hervorragen, ohne daß sich eine Spur von Schwingungen verräth. Die Flimmerbewegung hört also in Folge der Fäulniß zuerst auf. Das Verschwinden der Härchen folgt erst später nach. Ich sah solche steife Haare noch 8 Tage nach dem Tode an der Mundschleimhaut des Frosches und sogar 9 Tage nach dem Absterben an der Nasenschleimhaut des Schaafes.

6) Empfänglichkeit der Muskeln. — Ich suchte hier vorzugsweise die Bewegungen des Herzens, der einfachen und der quergestreiften Muskelfasern in einem und demselben Geschöpfe zu verfolgen. Die die Frösche betreffenden Beobachtungen, bei denen kein Monat genauer angegeben ist, wurden im December bis Februar angestellt.

Ich tödtete einen kleinen grünen Grasfrosch durch die Zerstörung des Gehirns und des Rückenmarkes, öffnete dann den Unterleib, ließ aber das Herz unberührt. Dieses klopfte zwischen 24 und 28 Stunden von selbst fort. Reizte ich es 52 Stunden nach dem Tode mechanisch, so lieferten die Vorkammern und die Kammern drei Schläge. Sie wurden aber hierdurch so sehr erschöpft, daß dann der gleiche Reiz und selbst die Ströme des Magnetelektromotors keine sichtliche Verkürzung mehr nach sich zogen. Der Magen und der Dünndarm dagegen schnürten sich unter dem Einflusse der Elektricität lebhaft ein. Die Muskeln des Rückens und der Hinterbeine antworteten nicht minder kraftvoll.

Alle Theile hatten aber ihre Empfänglichkeit für elektrische Reize am folgenden Tage gänzlich verloren.

Ich hing das Herz eines auf die gleiche Weise getödteten grünen Grasfrosches in dem Bd. I. §. 118 angegebenen Wasserdampfapparate auf. Es klopfte nach einigen Stunden sehr schwach. Eine leise Verkürzung der Vorkammer zog eine noch unbedeutendere Systole der Kammer nach sich. Das Herz verhielt sich endlich vollkommen ruhig, wenn man leise hinzutrat. Kam man dagegen mit kräftigem Schritte heran oder klopfte man auf den Tisch, auf dem das Ganze stand, so begannen die schwachen Schläge von Neuem. Diese Art von Thätigkeit erhielt sich länger, als 30 Stunden. Die Luftwärme schwankte hierbei zwischen + 6° C. und + 15° C. 48 Stunden nach dem Tode konnten weder mechanische noch elektrische Reize das Herz irgendwie aufregen. Sprach ich dagegen das Hüftgeflecht des auf gleiche Weise aufbewahrten Froschrumpfes elektrisch an, so erhielt ich die lebhaftesten Verkürzungen. Alle Empfänglichkeit war endlich 71 Stunden nach der Zerstörung des centralen Nervensystems zu Grunde gegangen.

Valli, Fowler, Engelhardt [1]) und Stannius [2]) haben schon bemerkt, daß die Muskeln von Froschbeinen, deren Bewegungsnerven im Leben durchschnitten worden, ihre Reizbarkeit längere Zeit, als die des gesunden Schenkels bewahren. Ich fand in Einzelfällen das Gleiche, wenn ich selbst den gelähmten Schenkel täglich mit dem Magnetelektromotor eine Zeit lang angesprochen hatte.

Ich hatte das linke Hüftgeflecht eines grünen Grasfrosches ausgeschnitten und die Hinterbeine desselben täglich 1 bis 3 Minuten lang den Strömen des Magnetelektromotors ausgesetzt. Das Thier starb 12 Tage nach der Operation. Die Muskeln des Rumpfes und aller Beine beantworteten elektrische Reize ungefähr eine Stunde nach dem Tode auf das Lebhafteste. Wiederholte man dagegen den Versuch 24 Stunden später, so hatte das rechte Hinterbein alle Empfänglichkeit verloren. Das linke, früher gelähmte dagegen streckt sich kraftvoll, so wie der eine Leitungsdrath die Haut des Oberschenkels und der zweite die des Fußes berührte. Die Augenmuskeln, die Muskeln des Rückens, des Bauches und des rechten gesunden Hinterbeines und der Nahrungskanal hatten ihre Empfänglichkeit 29 bis 30 Stunden nach dem Tode gänzlich eingebüßt. Der linke Hinterschenkel dagegen antwortetete noch sehr lebhaft, so wie man zwei Hautstellen desselben mit den Dräthen berührte. Sprach man den gelähmten Wadenmuskel 54 Stunden nach dem Tode unmittelbar an, so zog er sich noch sichtlich zusammen. Legte ich dann den einen Leitungsdrath in die Tiefe des Beckens und den zweiten an die von der Haut entblößte Vorderseite des Unterschenkels, so bog sich der kranke Fuß zwei Mal auf das Lebhafteste. Alle Reizversuche blieben hingegen 70 Stunden nach dem Tode vergeblich.

Ich hatte einen zweiten Frosch auf die gleiche Weise verletzt und dann täglich galvanisirt. Das Thier war 15 Tage nach dem Eingriffe zu Grunde gegangen. Die Muskeln der Kehle, des Bauches und der Vorderbeine blieben hier länger, als 24 Stunden für elektrische Reize empfänglich. Das kranke Hinterbein lieferte um diese Zeit auffallend stärkere Ausschläge, als das gesunde, man mochte die Fortsetzung des Hüftgeflechtes und die Haut des Fußes oder des Unterschenkels, die Muskelmassen selbst oder diese und die von ihrer Haut entblößten Weichgebilde des Fußgelenkes ansprechen. Der Magnetelektromotor änderte die Verhältnisse der oben zuerst genannten Muskeln des Herzens, des Magens und des Darmes 47 Stunden nach dem Tode nicht mehr. Legte ich aber die Dräthe an die Oberschenkelmuskeln, so zogen sich diese noch mit sichtlicher Zähigkeit in einem gewissen Nachbarschaftsbezirke zusammen. Dieses wiederholte sich ungefähr in der gleichen Weise für den gesunden wie für den kranken Schenkel. Alle Empfänglichkeit hatte endlich 26 Stunden später aufgehört.

Man hat häufig das Herz des Frosches als den Theil, dessen Verkürzungsvermögen die verhältnißmäßig längste Zeit nach dem Tode erhalten bleibt, angesehen. Budge [3]) fand dagegen umgekehrt, daß das Herz des Frosches seine Empfänglichkeit früher, als die Muskelmasse der Hinterbeine die ihrige verliert. Vergleiche ich eine Reihe von Er-

---

[1]) C. Engelhardt, De vita musculorum observationes et experimenta. Bonnae 1841. 8. p. 19 u. 22.

[2]) Stannius, in Müller's Archiv. 1847. S. 456.

[3]) Budge, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. 1. Seite 439.

fahrungen, die ich zu verschiedenen Jahreszeiten machte, so ergiebt sich, daß jene zuerst erwähnte Ansicht nicht richtig ist, daß aber hier nicht bloß die Nebenverhältnisse, sondern auch die Verschiedenheit der Muskeln, die man ins Auge faßt, von Bedeutung sind.

Es kommt unter den günstigsten Wärmebedingungen vor, daß das ausgeschnittene und vor dem Eintrocknen geschützte Froschherz seine Schläge beinahe 2½ Tage nach dem Tode beibehält. Hatten sie auch von selbst aufgehört, so ruft sie nicht selten die mechanische Erschütterung von Neuem hervor. Sie werden durch den Einfluß mäßig hoher Wärmegrade leicht vermehrt. Prüfte ich die Verhältnisse im Winter und zwar an Fröschen, die im Herbste eingefangen worden, so erhielt ich fast nie so lange Zeiträume. Dasselbe ergaben Frösche, welche im Anfange des Frühjahres zur Begattungszeit frisch herausgeholt worden waren. Das Herz klopfte hier in der Regel nie 24 Stunden von selbst fort, man mochte es herausgeschnitten oder in dem geöffneten Unterleibe liegen gelassen haben. Es stand sogar schon häufig in dem Wasserdampfapparate, dessen Luftwärme ungefähr 5° bis 15° C. betrug, nach wenigen Stunden still. Die Wärme, die Tödtungsweise, der Blutverlust und andere nicht zu berechnende Nebenverhältnisse führen hier zu Schwankungen der mannigfachsten Art. Es kam vor, daß der Nahrungskanal und die verschiedenartigsten mit quergestreiften Fasern versehenen Körpermuskeln elektrische Ströme lebhaft beantworteten, wenn das Herz schon gänzlich schwieg. Die Fälle, in denen das Umgekehrte auftritt, gehörten jedenfalls zur Minderzahl.

Wir haben schon §. 2286 gesehen, daß das Herz des Frosches sowohl, als der Säugethiere günstigere Ergebnisse liefert, wenn man die Unterleibs- oder die Brusthöhle nicht sogleich, sondern erst längere Zeit nach dem Tode öffnet. Es kann hier vorzüglich in Säugethieren schwach schlagen, wenn schon die Rumpf- und Gliedermuskeln schweigen.

Verglich ich die verschiedenen quergestreiften Muskeln des Frosches unter einander, so fand ich nicht selten, daß die Kehlmuskeln, die Muskeln der Vorderfüße, des Unterleibes alle Empfänglichkeit für elektrische Ströme verloren hatten, wenn die Muskeln der Hinterbeine noch lebhaft antworteten. Es kam mir vor, daß das Herz seine Kräfte länger behielt, als die zuerst genannten Muskeln oder sie eben so wie sie verloren hatte, während sie in den Hinterbeinen noch vorhanden waren. Ich habe das Umgekehrte in diesen Untersuchungen, die ich im Winter anstellte, nicht bemerkt. Der Vorzug, dessen sich die Hinterbeine erfreueten, erhielt sich mit großer Zähigkeit. Die Unterschenkel waren z. B. zu dünnen Stäben in einem Falle ausgetrocknet, als die Oberschenkelmuskeln elektrische Reize noch deutlich beantworteten. Die übrigen Muskelmassen waren aber dem Schweigen des Todes schon gänzlich verfallen.

Man kann die letzten Lebenszeichen der Oberschenkelmuskeln nur dann wahrnehmen, wenn man die Leitungsdräthe des Magnetelektromotors an sie selbst anlegt. Man erhält dann keine rasche kraftvolle Zuckung, sondern eine mühsame langsame Verzerrung, die sich auf einen größeren oder kleineren Bezirk der Anspruchsgegend erstreckt.

Das Maximum der Zeit, während welcher sich der Herzschlag des Frosches unter den günstigsten Bedingungen erhalten kann, scheint nie das Maximum, dessen die Oberschenkelmuskeln in der Hinsicht fähig sind, zu überschreiten. Jenes dürfte sogar etwas kleiner, wenigstens nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen ausfallen. Gebraucht man den Magnetelektromotor als Prüfungsmittel, so liegt der Werth für das Herz zwischen 2 und 2½ und der für Schenkelmuskeln zwischen 2½ und 3 Tagen.

7) *Empfänglichkeit der Nerven.* — Wir haben eben gesehen, daß die letzten Spuren der Verkürzung der Oberschenkelmuskeln nur dann, wenn die Leitungsdräthe an die Muskelmassen selbst angelegt werden, zum Vorschein kommen. Das Hüftgeflecht wird um diese Zeit vergeblich angesprochen. Obgleich nun seine Empfänglichkeit eher, als die der Muskelmassen und der in ihnen enthaltenen Nerven zu Grunde geht, so schwindet sie doch nicht immer sehr frühzeitig. Sie erhält sich bisweilen noch 2 Tage nach dem Tode und in glücklicheren Fällen wahrscheinlich noch etwas länger.

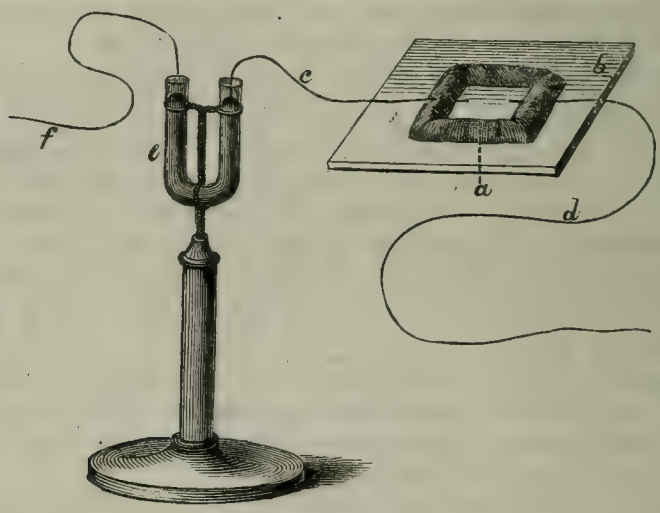
Die Molecularveränderungen, welche der Nerveninhalt unter diesen Verhältnissen erleidet, werden uns in der Folge beschäftigen.

Die elektrischen Ströme, welche den Molecularzusammenhang der Nerven und der Muskeln leicht ändern, wirken auf andere organische Gewebe, die Bewegungserscheinungen darbieten, in sehr verschiedener Weise. Die 4607

Samenfäden widerstehen ihren Einflüssen in hohem Grade. Die Flimmerhaare schließen sich in dieser Hinsicht zunächst an. Die Körpermasse vieler Infusorien, einzelner Polypen, der Planarien und mancher sehr jungen Embryonen der Wirbelthiere berstet in kurzer Zeit. Der Saftlauf der Vallisnerie und der Charen, die Bewegungen mancher Algensporen stehen binnen Kurzem still.

Will man das Verhalten der uns unter dem Mikroskope kenntlichen Bewegungserscheinungen zur Elektricität prüfen, so befestigt man zwei dünne kupferne Leitungsdräthe auf einer Glasplatte. Der Bd. II. Abtheil. I. S. 61 beschriebene Kitt eignet sich hierzu am Besten. Handelt es sich um die Untersuchung von Pflanzentheilen oder von Thieren, die nicht weit davonlaufen, so bedarf es nur zweier Kügelchen, welche die Dräthe festhalten. Will man dagegen die zu prüfenden Thiere einsperren, so klebt man ein Viereck *a* Fig. 359 auf der Glasplatte *b* auf und führt durch dieses die beiden Leitungs-

Fig. 359.



dräthe *c* und *d*, deren Enden, wie es die Figur zeigt, wechselseitig abstehen. Der eine Drath *d* wird an das eine Polende des Magnetelektromotors angeschraubt, der andere *c* dagegen in ein U-förmiges mit Quecksilber gefülltes Rohr *e* eingetaucht. Hat man die Gegenstände, die man prüfen will, in das viereckige Gefängniß eingeführt und ist Alles unter dem Mikroskope in Ordnung gebracht, so senkt man einen zweiten Leitungsdrath *f* des Magnetelektromotors in den anderen Schenkel des U-förmigen Gefäßes. Man kann auf diese Weise die Verbindung, während man durch das Mikroskop sieht, ohne weiteren Gehilfen schließen. Die Uförmige Gestalt des Quecksilberrohres verhütet, daß die Dräthe früher, als man will, bei dieser Gelegenheit metallisch vereinigt werden.

Hat man einen Magnetelektromotor mit irgend kräftigen Inductionsschlägen, so sieht man, wie die Kügelchen, die in den Zellen der Vallisnerie oder den Schläuchen der Charen kreisen, binnen wenigen Secunden, nachdem die Schläge durchzugehen angefangen, still stehen. Ich habe dann mehrere Präparate der Vallisnerie, welche auf diese Art behandelt worden waren, mehrere Tage in Wasser aufbewahrt und häufig durchsucht. Es ist mir nicht gelungen, den Saftlauf wiederkehren zu sehen.

Sehr schwache Ströme üben die eben erwähnte Wirkung nicht aus. Die Charen (Chara flexilis) scheinen übrigens in dieser Hinsicht etwas empfindlicher, als die Vallisnerie zu sein. Denn der Saftlauf von dieser dauerte unter dem Einflusse äußerst schwacher Ströme, welche schon die Bewegung in den Charengliedern hemmten, über eine Stunde fort. Man sah dann in den Charen deutlich, wie sich die Ströme in den ersten Secunden sichtlich verlangsamten, nach einer viertel oder einer halben Minute aber gänzlich

aufhörten. Ein Charenglied, das mit sehr schwachen Strömen behandelt worden war, zeigte nach einiger Zeit seine Saftbewegung von Neuem.

Ließ ich den Magnetelektromotor auf die S. 611 erwähnten beweglichen Sporen von Haematococcus pluvialis wirken, so schwirrten manche von ihnen durch den Raum, welcher die kürzeste Bahn des Stromdurchganges enthielt. Kamen sie aber dem Leitungsdrathe, an dem sich die Gasblasen entwickelten, oder dem anderen zu nahe, so standen sie bald still und starben ab. Es sammelte sich auf diese Weise eine große Menge von Leichen in der Umgebung der Poldräthe. Einzelne von ihnen blieben vollkommen rund. Andere dagegen erschienen wie angefressen. Manche enthielten einen Haufen rother Körner in ihrer Mitte, während der Umkreis grüne Massen darbot. Die rothen Kugeln lagen einzeln in der grünen Masse zerstreut. Diese besaß in manchen die Gestalt eines Doppelbrotes. Farblose größere Kugeln waren auch bisweilen mit den rothen vermischt. Der helle durchsichtige Streif, der das ganze Geschöpf begrenzt, konnte noch in vielen erkannt werden. Befeuchtete ich die getödteten Sporen mit Jodtinctur, so sah ich die beiden Flimmerhaare und die S. 611 erwähnten Strahlenfortsätze.

Hatten die elektrischen Ströme aufgehört, so schwirrten einzelne Sporen in der Nähe der Leitungsdräthe ohne Schaden vorbei. Sie drangen dann nicht selten durch das Schlachtfeld der getödteten Wesen und zwischen den Gasblasen des einen Leitungsdrathes durch. Ich sah dagegen mehrere Male, daß Sporen, die dem einen Poldrathe zu nahe kamen, ruhig wurden und abstarben. Andere drehten sich in kleinen Kreisen, als wären sie durch eine unsichtbare Kraft festgebannt worden.

Man muß sich übrigens in allen solchen Untersuchungen vor einer Täuschung hüten. Hat nämlich der Flüssigkeitstropfen, den man prüft, eine verhältnißmäßig beträchtliche Höhe, ragt seine Oberfläche über die dünnen Leitungsdräthe beträchtlich hervor, so können natürlich die mikroskopischen Gebilde in einer bedeutenden Entfernung von dieser dahingehen, ohne daß man es unter mäßig starken Vergrößerungen mit nicht zu kurzen Brennweiten bemerkt. Ich habe mich in allen diesen Untersuchungen bemüht, die eben erwähnte Klippe dadurch zu vermeiden, daß ich möglichst niedere Schichten der Flüssigkeit und möglichst starke Vergrößerungen anzuwenden suchte.

Eine Navicula fulva, die eben geradlinigt vorwärts schritt und dem einen Leitungsdrathe nahe kam, stand sogleich still, so wie die starken elektrischen Ströme durchzuschlagen anfingen.

Ein monadenartiges Wesen, das mit Heteromita ovata Duj. am Meisten übereinstimmte und seine beiden Bewegungshaare nach der Behandlung mit Jodtinctur deutlich zeigte, verhielt sich auf ähnliche Art, wie die früher erwähnten Schwärmsporen von Haematococcus. Eine große Zahl von Leichen umgab binnen Kurzem beide Leitungsdräthe. Derjenige aber, an dem sich die Gasblasen entwickelten, lieferte eine beträchtlichere Menge, als der andere, an dem sie bisweilen strahlig vertheilt erschienen. Viele dieser Geschöpfe schwirrten dagegen ohne Weiteres durch den Raum, welcher der kürzesten Bahn des Elektricitätsdurchganges entsprach. Die getödteten Wesen zeigten keine deutlichen Formveränderungen. Sie bildeten weiße, schon dem freien Auge kenntliche Massen, die an geronnenes Eiweiß erinnerten und sich auch nach der Entfernung der Leitungsdräthe in nicht beträchtlichem Grade zerstreuten.

Es ist mir oft vorgekommen, daß sehr kleine Infusionsthierchen, wie Monas lens, Vibrio lineata, Spirillum undula die Leitungsdräthe die längste Zeit umschwärmten. Man kann eben so häufig sehen, daß größere, wie z. B. Kolpoda cucullus, Euplotes charon, Amphileptus anser, Opalina ranarum, Vorticella convallaria und von den Räderthieren z. B. Rotifer vulgaris Flüssigkeitsstrecken, durch welche Elektricitätsströme wahrscheinlich durchgehen, ohne Nachtheil durchlaufen, wenn sie auch durch stärkere Schläge zu Grunde gehen.

Ecker [1]) hat schon mit Recht bemerkt, daß starke elektrische Schläge die größeren polygastrischen Infusorien bersten lassen. Ich habe diese Erscheinung sehr häufig gesehen. Paramaecium aurelia platzte z. B. in manchen Fällen, so wie nur die Schläge durchzutreten anfingen. Diese Thiere gingen oft nicht bloß in der Nähe der Leitungsdräthe, sondern auch innerhalb des übrigen kürzesten Weges der Ströme zu Grunde und änder-

[1]) A. Ecker, Zur Lehre vom Bau und Leben der contractilen Substanz der niedersten Thiere. Basel 1849. 4. S. 19.

ten hierbei ihre Form auf das Mannigfaltigste. Opalina ranarum zeigte eine Reihe der verschiedensten Wechselfälle. Manche, welche den Leitungsdräthen zu nahe gekommen waren, blieben hier wie festgebannt. Ihre Härchen wirbelten nicht selten noch im Anfange. Das Thier berstete dann und entleerte einen großen Theil seines Körperinhaltes. Die Flimmerbewegung stand still. Die Härchen konnten aber noch als steife Pallisaden erkannt werden. Es kam mir auch vor, daß ein bruchsackartiges Nebengebilde des Körpers zum Vorschein kam oder daß die Form des Ganzen zwischen dem Länglichrunden und dem Kreisrunden wechselte, ohne daß die Flimmerbewegung im Anfange aufhörte.

Der Körper von Vorticella convallaria ballte sich unter dem Einflusse mäßig starker Ströme zu einer Kugel zusammen. Befanden sich die Thiere in der Nähe der Leitungsdräthe, so veränderten sie sich auf die eben geschilderte Weise, so wie die elektrischen Ströme durchzuschlagen anfingen. Sie bewahrten jene Stellung auch lange, nachdem die Elektricität zu wirken aufgehört hatte. Manche Vorticellen wirbelten in Räumen, durch welche nicht unbedeutende Ströme durchschlugen, ruhig fort. Andere durchsetzten sie ohne Hinderniß.

Rotifer vulgaris verhielt sich im Ganzen auf ähnliche Weise. Das Thier zog sich ein und blieb noch geraume Zeit nach dem Versuche in dieser Stellung liegen. Ich sah jedoch in einem Falle unzweifelhaft, daß es sich später wieder wie gewöhnlich bewegte. Einzelne Räderthierchen wirbelten ungestört und verkürzten die Vordertheile ihres Nahrungskanales, wenn sie sich in den Bezirken der kürzesten Bahnstrecken der Ströme befanden.

Wird Hydra fusca galvanisch gereizt, so stülpen sich nach Ecker [1]) die Angel- und Nesselwerkzeuge hervor. Stärkere elektrische Ströme zerlegen nach ihm die Körpermasse des Thieres sehr schnell.

Ascaris acuminata krümmte sich unter den schwächeren elektrischen Schlägen mit seinem Vordertheile hin und her. Zwei Distoma cygnoides, die zwischen den Leitungsdräthen lagen, zogen sich sogleich zurück. Das eine blieb die längste Zeit wie todt liegen. Es erholte sich später wenigstens insofern, als der Vordertheil schwache Bewegungen machte. Ein Cysticercus Gadi Lotae wurde so gelegt, daß die Spitzen der Leitungsdräthe zwei gegenüberstehende Punkte der Seitenränder berührten und die Ströme daher hier quer durch das Thier durchgingen. Leitete ich nun die Schläge ein, so verhielt sich dieser Abschnitt des Körpers ruhig, während sich der Vordertheil lebhaft hin und her krümmte. Wiederholte ich den Versuch an dem Kopfstücke, so erhielt ich das gleiche Ergebniß. Während jener jetzt ruhig blieb, bewegten sich der Hintertheil und das früher galvanisirte Mittelstück. Beobachtungen, die ich an anderen Exemplaren anstellte, bestätigten dieselben Erscheinungen. Die Stücke, welche ihre Beweglichkeit unter dem Einflusse der galvanischen Ströme verloren hatten, erhielten sie in manchen Fällen später wieder. Sie zeigte sich jedoch in anderen selbst noch länger als einer Stunde Ruhezeit nicht mehr. Cercarien aus Planorbis warfen ihren Schwanz nicht ab, sondern starben im Ganzen nach kurzer Zeit.

Der Körper der Planarien (Planaria torva) berstet sehr leicht unter dem Einflusse der Schläge des Magnetelektromotors. Es zerfallen hierbei zunächst diejenigen Stellen die von den stärksten elektrischen Strömen unmittelbar durchsetzt werden. Die benachbarten Abschnitte des Körpers können dessenungeachtet ihre Flimmerbewegung ungestört fortbewahren. Man bemerkt an einzelnen Orten, daß die Flimmerhaare eher still stehen, als sie in der körnigen Trennungsmasse unkenntlich werden. Manche Thiere stoßen auch ihre Schlundröhre vor, so wie die Schläge einwirken. Ein einziger starker Oeffnungsschlag des Magnetelektromotors reichte hin, um diesen Erfolg nach sich zu ziehen.

Zerreißt man eine Planaria torva, so macht die gesonderte Schlundröhre eine Reihe von Schluckbewegungen, welche die längste Zeit fortdauern [2]). Leitete ich nun die elektrischen Schläge durch, so wurde das Schlundrohr länger und schmaler und zog sich dann in einzelnen Fällen gar nicht mehr zusammen, während es sich in anderen nur schwach an dem einen Ende bewegte.

---

[1]) Ecker, a. a. O. S. 19.

[2]) K. E. v. Baer, in den Nova Acta Acad. Caes. Leop. Carol. Vol. XIII. P. II. Seite 716.

Branchiobdella Astaci krümmte sich, so wie die ersten elektrischen Schläge durchgingen. Das Thier blieb später wie todt liegen, erholte sich jedoch bisweilen wieder in der Folge, wenn selbst die elektrischen Ströme beträchtliche Einschnürungen und Ausbuchtungen erzeugt hatten. Die inneren Flimmerröhren eines Exemplares, das unter dem Einflusse der Elektricität zu Grunde gegangen war und eine körnige Masse entleert hatte, behielten ihre Flimmerbewegung bei.

Ein Hüpferling (Cyclops quadricornis) lag nach wenigen Schlägen eines starken Magnetelektromotors todt in der Nähe der einen Elektrode und hatte mehrere rundliche Körper (Eier?) ausgestoßen. Ein zweites Thier der Art zuckte fortwährend unter dem Einflusse der elektrischen Ströme, gab aber auch, nachdem diese aufgehört hatten, kein Lebenszeichen mehr von sich.

Der Wasserfloh (Gammarus pulex) zuckte im Anfange unter den gleichen Verhältnissen. Er wurde aber später gänzlich betäubt, so daß keine willkürliche Ortsveränderung zu Stande kam. Die Strudelwerkzeuge klappten dessenungeachtet fort. Es dauerte eine volle Stunde, bis sich das Thier wieder gänzlich erholt hatte.

Eine Larve von Stratiomys wurde erst betäubt, nachdem die Schläge ungefähr 5 Minuten durchgegangen waren. Sie erholte sich aber wieder, nachdem sie 10 Minuten erstarrt gelegen hatte.

Ein langer und schmaler Hautstreifen von Limnaeus krümmte sich kreisförmig und drehte sich daher vermöge seiner Flimmerbewegung um seinen Mittelpunkt. Diese Erscheinung dauerte während und nach der Einwirkung der elektrischen Schläge fort.

Ich setzte Embryonen des Barsches (Perca fluviatilis), die sich schon selbstständig bewegten, in denen aber noch kein in Thätigkeit begriffener Herzschlauch erkannt zu werden vermochte, den elektrischen Schlägen aus. Mochte ich nun die Dräthe des Magnetelektromotors an die Schaalenhaut des unverletzten Eies oder an die herausgeschälten Embryonen anlegen, so konnte ich keine Verkürzungen hervorrufen. Die Körpermasse trübte sich in dem letzteren Falle. Sie berstete, so wie der Versuch einige Zeit fortgesetzt wurde. Der große Oeltropfen erhielt sich hierbei unversehrt. Lag ein Hechtchen, das vor ungefähr 3 Tagen aus dem Ei gekrochen war, dicht an der einen Elektrode an, so zuckte das Thier in den ersten Secunden, in welchen die starken Schläge durchgingen. Es lag dann wie todt, der Herzschlauch schlug aber fort. Die Körpermasse zeigte auch keine Lebensspur mehr nach dem Aufhören der elektrischen Reizung. Während die gesunden Thiere nach der leisesten Berührung herumschwirren, konnte ich hier auf keine Weise Bewegungen hervorrufen. Leitete ich dann die Ströme von Neuem ein, so stand endlich auch das Herz still. Es fand sich hierbei ein Zeitraum, in welchem es immer wieder klopfte, so wie man neue elektrische Schläge durchführte. Es ruhte dagegen, wenn die elektrischen Schläge aufhörten. Später hatten auch diese die zuletzt erwähnte Wirkung eingebüßt.

Hatte ich die beiden Leitungsdräthe in geringer wechselseitiger Entfernung an den äußersten mit keiner Muskelmasse versehenen Schwanztheil der Neunaugen (Petromyzon fluviatilis) gelegt, so konnte ich keine Veränderung in dem Durchmesser und dem Kreislaufe der Haargefäße wahrnehmen. Führte ich dagegen die eine Elektrode in den Mund und legte die zweite an den Körper ungefähr einen Centimeter hinter den Kiemen, so röthleten sich die Gefäße der Schwanzflosse in auffallender Weise und füllten sich auf das Dichteste mit Blutkörperchen. Diese Erscheinung schwand einige Zeit nach dem Aufhören der Elektricitätsströme.

Legte ich einen dicken Leitungsdrath an den Kopf und einen anderen an die Schwanzspitze eines Aales, so krümmte sich das Thier und die Flossen richteten sich im ausgebreiteten Zustande auf.

Die in der Maulbeerfurchung begriffenen Eier des Frosches (Rana esculenta) zeigten keine wesentliche Veränderung, man mochte die Dräthe an das umgebende Eiweiß oder nach der Entfernung von diesem an die Dotteroberfläche anlegen. Ganz anders verhielten sich dagegen die Larven, die noch im Ei eingeschlossen waren und deren Kiemen sich eben entwickelten. Sie zuckten schon auf mäßig starke Schläge und blieben nicht selten scheintodt liegen. Stärkere Ströme führten zum Platzen, so daß die dunkelern mit hellen Kernen versehenen Zellen frei heraus traten. Es wiederholte sich übrigens hierbei die gleiche Erscheinung, welche auch die Planarien dargeboten, d. h. die an der Haut befindliche Flimmerbewegung hörte nur an den Stellen, welche vollständig ge-

borsten waren, auf. Es gab auch hier eine Zwischenperiode, in denen man die steifen ruhenden Härchen erkennen konnte.

Frei herumschwimmende Froschlarven von 19½ Mm. Länge bersteten nicht mehr unter dem Einflusse der starken Schläge des Magnetelektromotors. Eine geringe Zahl von diesen reichte aber hin, das Thier zu tödten.

Wir haben schon §. 2049 gesehen, daß die Schwingungen der Samenfäden des Frosches unter den Schlägen des Magnetelektromotors fortdauern. Ich sah wiederum in neuerer Zeit das Gleiche, wenn ich selbst sehr starke Schläge ¼ Stunde lang durchleitete und die Enden der Elektroden nur 2 Mm. wechselseitig abstanden. Die Samenfäden der Tritonen (Triton Wurfbeinii) ergaben das Gleiche.

Es ist schon §. 2016 bemerkt worden, daß man die elektrischen Ströme durch ein Stück Flimmerhaut leiten kann, ohne daß die Thätigkeit der Härchen da, wo keine stärkere Elektrolyse stattfindet, aufhört. Ich befestigte die Dräthe in einem wechselseitigen Abstande von 1 bis 3 Mm. und brachte in den Zwischenraum sehr kleine Stücke der Mundschleimhaut des Frosches oder abgeschabtes Flimmerepithelium. Es ereignete sich hier bisweilen, daß die Flimmerbewegung überall fortdauerte. Es kam aber auch vor, daß die Härchen, welche unmittelbar an den einen Leitungsdrath stießen oder nur wenig von ihm entfernt lagen, langsamer schwangen, dann still standen und endlich palisadenartig hervorragten. Die von der Fläche aus gesehenen etwas entfernteren Haare dagegen bewegten sich lebhaft fort, wenn auch die Schläge mehr als eine Viertelstunde durchgingen.

4608 **Thätigkeiten, die sonst von dem Einflusse des Nervensystems unzweifelhaft abhängen, kehren in manchen Gebilden, in denen man bis jetzt keine Spur von Nerven nachweisen konnte, wieder. Die Verkürzungen einzelner einfacher Muskelmassen stehen in keinem Verhältnisse zu der Menge der markigen Nervenfasern, welche die gegenwärtigen Hilfsmittel in ihnen darlegen konnten. Die Wirkung des Bilsenkraut- und des Nießwurzertractes auf die Regenbogenhaut des Auges wechselt mit der Beschaffenheit der Muskelfasern und nicht, so viel wir wissen, mit der der Nerven. Alle diese Thatsachen würden mit Sicherheit schließen lassen, daß manche Thätigkeiten und vorzüglich die Fähigkeit der Zusammenziehung an und für sich von den Nerven nicht abhängen, daß diese nur als gelegentliche Erreger wirkten, wenn nicht die meisten jener Erfahrungen auf negativen Ergebnissen beruhten und die Unvollkommenheit der mikroskopischen Untersuchung jeden bestimmten Entscheid unmöglich machte (§. 2260.).**

Die niedersten wirbellosen Geschöpfe bieten in dieser Hinsicht große Schwierigkeiten dar. Es ist nicht wahrscheinlich, daß ihnen nur das durch die Haut bedingte Tastgefühl zukommt. Man kann aber dessenungeachtet kein anderes Sinneswerkzeug in den polygastrischen Aufgußthieren, den Polypen, den Räderthierchen, den Tardigraden nachweisen. Die rothen Flecke, die man als Augen angesehen hat, kehren auch in vielen beweglichen Algensporen (Conferva glomerata, C. fracta, Ulothrix zonata Kütz., Draparnaldia mutabilis, Stygeoclonium tenue, Chaetophara tuberculata) wieder [1]). Diese Thatsache muß die Richtigkeit jener Deutung in hohem Grade zweifelhaft machen.

Die einfache oder ungeformte verkürzbare Masse vieler polygastrischer Infusorien, der Hydern (Sarcode) zieht sich in den verschiedensten Richtungen zusammen, erzeugt helle, wahrscheinlich mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume, bildet Netzfäden und verändert sich überhaupt auf das Mannigfachste, ohne daß das Mikroskop Muskel- oder Nervenfasern enthüllen könnte. Sie erscheint nach Ecker in den Räderthierchen, den Tardigraden und in einzelnen Insektenlarven in der Form von bandartigen Gebilden, welche

[1]) Al. Braun, in den Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Schaffhausen. 1847. 8. S. 37. 38.

für Muskelbündel angesehen wurden, ohne daß ihr hier Fasern oder Nerven zukommen. Sie findet sich selbst in dem Ei von Limax nach Dujardin und in dem von Hydra nach Ecker und erzeugt hier Bewegungen, wie sie in den Amöbaarten vorkommen [1]).

Das Herz der Fische, der Frosch- und der Vogelembryonen klopft zu einer Zeit, in der es nur aus einer Menge Zellen, die durch eine einfache Zwischenmasse verbunden werden, besteht und in der keine Nerven erkannt werden. Etwas Aehnliches gilt von der Schwanzblase der Limaxembryonen. Die Bewegungen der Eizellen der Planarien sind schon §. 2060 erwähnt worden.

Wer sich mit der Verfolgung der Nervenfasern in dem Innern der einzelnen Theile beschäftigt hat, wird bemerkt haben, daß es nur selten gelingt, Nervenfasern in den Muskel- und Schleimhäuten des Magens und der dünnen Gedärme der Kaninchen, der Mäuse, der Frösche und der verschiedensten Fische zur Anschauung zu bringen, es sei denn, daß größere Stämmchen in der geprüften Stelle verlaufen. Schneidet man dagegen den Mastdarm des grünen Grasfrosches der Länge nach auf und breitet ihn aus, so sieht man ohne Weiteres oder nach Behandlung mit Kali, daß nicht wenige Primitivfasern vorzüglich der Länge nach herablaufen. Die Harnblase des Frosches bietet ein reichliches Nervennetz, meist mittelbreiter und die der Quappe ein solches feiner Nervenfasern dar. Dieser anatomische Befund steht in keinem Verhältnisse zu den Bewegungserscheinungen, die wir an vielen Theilen bemerken. Die Harnblase der Quappe zieht sich zwar in Folge der elektrischen Reizung des Rückenmarkes kräftig zusammen. Die der Frösche dagegen scheint häufig auf örtliche oder nervöse Anregungen gar nicht zu antworten, während sich der Dünndarm dieser Thiere bei Weitem nachgiebiger zeigt. Man darf mit Recht vermuthen, daß sich viele Nervenfasern dem Anblicke in den erwähnten Theilen entziehen oder daß hier besondere Verhältnisse eine geringere Menge von Nervenfasern nothwendig machen.

Etwas Aehnliches gilt von dem Fruchtkuchen. Die Nervenfasern lassen sich nur eine kurze Strecke an dem mit dem Kinde in Verbindung stehenden Stücke des Nabelstranges verfolgen. Kölliker [2]) bemerkte dessenungeachtet, daß die Schläge der magnetelektrischen Rotationsmaschine die größeren Schlag- und die Blutadern des Nabelstranges und des Fruchtkuchens beträchtlich einschnüren.

Vergleicht man z. B. die Nervennetze der Harnblase oder des Mastdarmes des Frosches mit den der Augen-, der Zungen- oder der Bauchmuskeln desselben Thieres, so wird man finden, daß die mit quergestreiften Fasern versehenen Verkürzungsgebilde eine verhältnißmäßig größere Menge von Nervenfasern als die mit einfacheren Fasern ausgerüsteten Bewegungswerkzeuge einzuschließen scheinen. Die Harnblase und die Augenmuskeln der Quappe führen zu demselben Ergebnisse. Man würde aber irren, wenn man ähnliche beträchtliche Unterschiede überall voraussetzte. Die mit einfachen Fasern versehene Regenbogenhaut der Kaninchen und die mit quergestreiften ausgestattete der Tauben enthalten beide reichliche Endgeflechte, so daß es im Ganzen schwer zu entscheiden sein würde, wem eine verhältnißmäßig größere Menge zukommt. Die Feinheit und die Schnelligkeit, mit der die Iris wirken muß, macht wahrscheinlich den beträchtlichen Nervenreichthum nothwendig. Wenn aber die übrigen einfachen Muskeln durchschnittlich weniger Nervenfasern wahrhaft besitzen sollten, so stimmte dieses mit den §. 2274 erwähnten Verhältnissen überein.

Kieser [3]) machte schon die Bemerkung, daß die Extracte der Belladonna und des Hyoscyamus, so wie das Kirschlorbeerwasser, äußerlich oder innerlich gebraucht, das Sehloch der Vögel nicht veränderten. Ich habe starke wässerige Auflösungen der beiden zuerst genannten Extracte in den Bindehautsack von Tauben zu wiederholten Malen in reichlicher Menge eingegossen, ohne daß ich irgend eine Wirkung wahrnehmen konnte. Das Sehloch verkleinerte und vergrößerte sich bisweilen abwechselnd während oder kurz nach dem Eingießen — eine Erscheinung, welche die Regenbogenhaut der Vögel auch

---

[1]) Ecker, a. a. O. S. 21 fgg. Vgl. auch Kölliker, in seiner Zeitschrift a. a. O. Seite 198 fgg.

[2]) Kölliker, in den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Heft II. Zürich 1847. 8. S. 87.

[3]) Kieser, in K. Himly und J. A. Schmidt, Ophthalmologische Bibliothek. Bd. II. Stück 3. Jena 1804. 8. S. 96.

sonst häufig genug darbietet. Mochte ich aber die Tauben unmittelbar darauf oder mehrere Stunden später untersuchen, so hatte die Pupille immer nur einen mittleren Umfang, wie die des gesunden Auges. Sie lieferte zugleich die deutlichsten Merkmale von Beweglichkeit. Um sicher zu gehen, tröpfelte ich jedes Mal eine gewisse Menge derselben Lösung des Belladonna- oder des Hyoscyamusextractes in das Auge eines Hundes oder eines Kaninchens, und erhielt hier immer die stärkste Erweiterung des Sehloches binnen einer halben Stunde, so daß z. B. die Regenbogenhaut eines jungen Hundes einen Saum von kaum ½ Mm. Breite darstellte.

Legte ich die Drähte des Magnetelektromotors an die Hornhaut eines Albino-Kaninchens, dessen Sehloch in mäßigem Grade durch Hyoscyamus erweitert war, so verschmälerte sich die Iris noch mehr. Wiederholte ich den Versuch an einer Taube, so verkleinerte sich die Pupille bedeutend. Der geringe Umfang erhielt sich, so lange die elektrischen Schläge durchgingen. Hörten diese auf, so erweiterte sich auch das Sehloch unmittelbar nachher. Das andere Auge, in das Nichts eingeträufelt worden, lieferte die gleichen Ergebnisse. Hatte ich Belladonnaextract gebraucht, so gab derselbe Doppelversuch einen vollkommen übereinstimmenden Erfolg.

Bedenken wir, daß sich die Nerven, welche zu der Regenbogenhaut des Kaninchens und der Taube gehen, ähnlich verhalten, daß die Iris beider Thiere die zahlreichsten Endgeflechte der Nerven einschließen, daß aber die der Säugethiere einfache und die der Vögel quergestreifte Fasern führt, so können wir mit Recht vermuthen, daß die Wirkungslosigkeit der Belladonna und des Hyoscyamus von dem Unterschiede der Verkürzungsgebilde abhängt. Diese betäubenden Verbindungen würden nur die einfachen, nicht aber die quergestreiften Fasern in ihren Thätigkeitsbeziehungen stören. Da sich aber die Einflüsse der Elektricität in beiden Fällen, wie am gesunden Auge kund gaben, so dürfen wir vielleicht ferner schließen, daß die elektrischen Ströme zunächst auf die Nerven der Regenbogenhaut einwirken. Diese Thatsachen unterstützen zugleich die Annahme, daß Lichtstrahlen, welche nur die Regenbogenhaut treffen, dieselbe zu Bewegungen anzuregen im Stande sind.

4609 **Die Muskeln und die Nerven liefern unter den nöthigen Nebenverhältnissen eigenthümliche elektrische Spannungen, die den sogenannten Muskelstrom (Bd. I. S. 178) und den Nervenstrom bedingen. Die Fläche des Querschnittes und die Längenoberfläche zeigen hierbei das entschiedenste entgegengesetzte Verhalten. Ungleich entfernte Punkte des Querschnittes oder der Körperoberfläche führen zu minder scharfen, aber noch nachweisbaren Gegensätzen.**

Die Arbeit von du Bois-Reymond [1]) lieferte eine ausführliche Reihe von Untersuchungen über die Verhältnisse des Muskelstromes und des sogenannten eigenthümlichen Froschstromes (Bd. I. S. 178), von denen wir wenigstens die hauptsächlichsten Endergebnisse des Folgenden wegen nachtragen müssen.

Du Bois [2]) bezeichnet mit dem Namen des natürlichen Längenschnittes des Muskels die unmittelbar vorhandene, dem Faserverlaufe entsprechende Körperoberfläche, und mit dem des natürlichen Querschnittes die Ansatzfläche der Muskelfasern an die Sehnen oder an andere passive Bewegungswerkzeuge. Der künstliche Längsschnitt entsteht durch die Spaltung der Muskelmasse in der Bahn ihres Faserverlaufes und der künstliche Querschnitt durch die Theilung derselben in einer auf ihre Fasern senkrechten Richtung.

Die Gesetze des Muskelstromes sind nach du Bois [3]): 1) Wird ein beliebiger Punkt des natürlichen oder künstlichen Längenschnittes eines Muskels mit einem beliebigen Punkte des natürlichen oder künstlichen Querschnittes desselben Muskels so in Verbindung gebracht, daß hierdurch keine Spannung gesetzt wird, so zeigt dessenungeachtet eine in den unwirksamen Leitungsbogen eingeschaltete stromprüfende Vorrichtung einen

[1]) E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I. Berlin 1848. 8.
[2]) Du Bois, a. a. O. S. 501 — 505.
[3]) a. a. O. S. 515 — 517.

Strom an, der an dem Bogen von dem Punkte des Längsschnittes zu dem des Querschnittes gerichtet ist.

2) Bringt man einen Punkt des natürlichen oder künstlichen Querschnittes des Muskels auf dieselbe Art mit einem anderen Punkte desselben oder eines anderen (in einer gewissen Längsentfernung liegenden) Querschnittes des gleichen Muskels in Verbindung, und sind beide Punkte von dem Mittelpunkte der Querschnittskreise der als Cylinder betrachteten Muskelmasse ungleich entfernt, so bekommt man einen Strom, der von dem von dem Mittelpunkte weiter abstehenden Punkte nach dem näheren gerichtet ist. Er fällt aber bedeutend schwächer, als der, den man bei Nr. 1. erhielt, aus.

3) Denkt man sich wiederum die Muskelmasse als einen Cylinder und verbindet einen dem geometrisch mittleren Querschnitte desselben näheren Punkt des natürlichen oder künstlichen Längenschnittes mit einem entfernteren Punkte des natürlichen oder künstlichen Längenschnittes desselben Muskels, so bemerkt man einen Strom, der von dem näheren nach dem entfernteren Punkte gerichtet ist. Seine Stärke stimmt mit der von Nr. 2 überein. Endlich

4) Stehen die beiden verbundenen Punkte eines oder zweier natürlicher oder künstlicher Querschnitte von dem Mittelpunkte des Durchschnittskreises gleich weit ab, so bleibt die stromprüfende Vorrichtung in Ruhe. Sind sie in dem natürlichen oder künstlichen Längsschnitte von dem mittleren Querschnitte gleich weit entfernt, so wiederholt sich das Gleiche.

Diese Normen ließen sich am Kaninchen [1]) und dem Frosche am Ausführlichsten verfolgen. Das Wesentliche derselben kehrte aber auch in den Menschen, in verschiedenen Repräsentanten der vier Wirbelthierklassen, dem Flußkrebse, der Weinbergschnecke und dem Regenwurme wieder [2]).

Alle Thatsachen deuten darauf hin, daß die elektromotorische Thätigkeit, welche sich durch den Muskelstrom verräth, in den Molecularverhältnissen der Muskelfasern selbst liegt und nicht auch durch das Zellgewebe, die Sehnen, die Gefäße oder die Berührung fremdartiger Gewebe mit den Muskelfasern bedingt wird [3]). Jene Eigenschaft läßt sich an den kleinsten, zu den Versuchen noch tauglichen Muskelstücken nachweisen. Es ist daher das Natürlichste, die Molecularverhältnisse der Muskelmasse in dieser Hinsicht im Auge zu behalten. Berücksichtigt man die Verhältnisse, unter denen man die thierischen Theile gewöhnlicher Weise untersucht, so scheint für diesen Fall die Annahme das Meiste für sich zu haben, daß die Substanz der Muskelfaser aus elektromotorischen Molecülen mit peripolarer Anordnung besteht [4]). Du Bois versteht nämlich hierunter diejenige Einrichtung, daß jedes Atom einen positiven Aequatorialgürtel und zwei negative Polarzonen besitzt. Die beide Pole verbindenden Achsen aller Molecüle sind unter einander und der Achse des Muskelbündels parallel gestellt [5]) Der natürliche oder künstliche Längsschnitt erscheint so positiv in Verhältniß zu dem oder den natürlichen oder künstlichen Querschnitten.

Das eben erwähnte Verhältniß kann sich unter gewissen Umständen augenblicklich verändern, so daß die Längsfläche des Muskels negativ und die Querfläche positiv wird. Man hat hier innere Molecularvorgänge der elektromotorischen Muskelatome, die sich aber nur mit der Veränderung der Molecularverhältnisse bei dem Magnetisiren vergleichen lassen [6]).

Später mitzutheilende Erfahrungen von du Bois werden übrigens zeigen, daß man sich auch die Muskelmolecüle dipolar, d. h. als Gebilde, welche einen positiven und einen negativen Pol, gleich einem zusammengelötheten Zink- und Kupferelemente, darbieten, vorstellen könnte und daß sie sich in peripolarer Anordnung unter den erwähnten Verhältnissen zusammenfügen [7])

Ein Unterschied, den die galvanische Säule den Muskeln gegenüber darbietet, spricht gegen diese Vorstellungsweise. Beide stimmen darin überein, daß die Stromstärke unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Zahl der Glieder der Säule und der Länge des Muskels zunimmt, sobald der außerordentliche Widerstand gegen den des Erregers nicht verschwindet. Während aber die der Säule von dem Querschnitte ihrer Glieder unab-

---

[1]) S. 507. [2]) S. 523. [3]) S. 558. [4]) S. 682. [5]) S. 680. [6]) S. 682. [7]) S. 683.

hängig ist, sobald ihr Widerstand gegen den außerwesentlichen verschwindet, wächst dann die des Muskelstromes fort mit der Vergrößerung des Querschnittes des Muskels [1]).

Die Thatsache, daß der Muskelstrom während der Starrkrämpfe des Muskels merklich abnimmt (Bd. I. S. 179), rührt nicht davon her, daß er von einem entgegengesetzten Strome compensirt wird [2]). Du Bois [3]) sucht sie auf andere Weise zu erklären. Die ganze Masse des Muskels bildet eine Nebenschließung für den Strom einer jeden einzelnen Muskelfaser. Der zusammengezogene Muskel hat aber eine geringere Länge und einen größeren Querschnitt. Es nimmt mithin sein eigener Leitungswiderstand ab. Die Stromstärke vermindert sich daher in dem Leitungsbogen der Nebenschließung. Die inducirte Zusammenziehung (Bd. I. S. 180) leitet du Bois [4]) davon her, daß der Muskelstrom im Augenblicke der Verkürzung unterbrochen und hierdurch eine Gleichgewichtsstörung in dem berührenden Nerven des zweiten Schenkels erzeugt wird.

Du Bois [5]) glaubte früher, daß der Grund des Muskelstromes in der Wirkung der Atmosphäre auf die Außenfläche der Muskelmasse läge. Wie die in Sauerstoff theilweise verbrennende Kohle in ihrem Rückstande negativ, die davon gehende Kohlensäure positiv erscheint [6]), so erfolgt etwas Aehnliches bei der Athmungsthätigkeit der Muskelfaser. Diese Vorstellung stößt auf die Schwierigkeit, daß die natürlichen Enden der Muskelfasern von jener Veränderung der Athmungsthätigkeit ausgeschlossen sein müßten [7]) und daß der der Luft ausgesetzte künstliche Querschnitt seine negativen Eigenschaften beibehält.

Der Hüftnerv des Frosches oder des Kaninchens wirkt eben so elektromotorisch und nach denselben Gesetzen wie die Muskelfaser. Der Querschnitt erscheint auch hier negativ. Die Ströme sind nur schwächer als in den Muskelfasern [8]).

Der sogenannte eigenthümliche Froschstrom, den auch Matteucci in neuerer Zeit in anderen Thieren voraussetzte und mit dem Muskelstrome in Beziehung zu bringen suchte, findet sich nach du Bois [9]) in allen vier Wirbelthierklassen und in wirbellosen Geschöpfen wieder. Er geht aus den Resultanten der an Richtung und Stärke abweichenden Theilströme, welche von den Muskeln in dem Innern der Glieder geliefert werden, hervor [10]).

Die Sehnen, welche sich an die Muskeln ansetzen, gehören zu den an und für sich indifferenten Geweben. Sie bedecken nur an ihren Anfängen die natürlichen Enden, d. h. die natürlichen Querschnitte der Muskelfasern. Die Zwischengewebe und die Zwischenflüssigkeiten verbinden aber die elektrisch ungleichen Flächentheile der Muskelfasern. Der thierische Erreger befindet sich daher in dem Zustande der geschlossenen Kette. Alle Wirkungen, die man erhält, rühren nur von Nebenschließungen, von abgeleiteten Strömen her. Sie stellen daher nur einen kleinen Bruchtheil der wahrhaft gegebenen Strömungen dar [11]).

Es ist schon §. 281 angeführt worden, daß sich die Wärme eines Muskels im Augenblicke seiner Verkürzung erhöht. Helmholtz [12]), welcher diese Verhältnisse mit einer empfindlichen thermomagnetischen Vorrichtung von Neuem prüfte, fand hierbei, daß die Zunahme der Temperatur nur in den Muskelmassen beträchtlich ausfällt. Sie fehlt dagegen in den Nerven gänzlich oder ist wenigstens hier verschwindend klein in Verhältniß zu den Muskeln. Wurden die Muskeln des einen Schenkels des Frosches durch den Magnetelektromotor von dem Rückenmarke aus in anhaltende Starrkrämpfe versetzt, so übertraf ihre Wärme die des zweiten abgeschnittenen und in Ruhe gelassenen Schenkels um 0°,14 bis 0°,18 C. Die Wärmeentwickelung in den Nerven (wenn sie überhaupt stattfand) überschritt nicht 0°,002 bis 0°,003 C.

---

[1]) Seite 716.
[2]) Du Bois, in Poggendorff's Annalen. Bd. LVIII. Leipzig 1843. 8. S. 12. 13.
[3]) Ebendaselbst. Seite 19.
[4]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. Bd. I. Vierte Auflage. Coblenz 1843. 8. S. 557. 58.
[5]) Du Bois, in Poggendorff's Annalen. Bd. LVIII. S. 20.
[6]) Pouillet, in Frorieps Notizen. Nr. 225. Weimar 1825. 4. S. 65.
[7]) Du Bois, in Poggendorff's Annalen. Bd. LVIII. S. 22.
[8]) Ebendaselbst. Seite 7.
[9]) Du Bois, Untersuchungen. S. 472.
[10]) Seite 493. [11]) S. 685 — 89.
[12]) Helmholtz, in Müller's Archiv. 1848. S. 144 — 164.

Da ein örtlich beschränkter Reiz, der einen Nerven trifft, Wirkungen 4610
in entfernten Muskeln oder anderen Gebilden veranlaßt, so folgt, daß hier eine Veränderung, die sich dem Verlaufe der Primitivfasern gemäß weiter verbreitet, erzeugt werden muß. Die Anregung kann hierbei die entsprechende Nervenstelle tödten oder unversehrt lassen. Die Durchschneidung oder andere heftige mechanische Eingriffe, ungewöhnliche Wärmegrade und Aetzstoffe liefern Beispiele der ersteren und passende Wärmewirkungen (§. 2156), so wie mäßige elektrische Ströme Belege des zweiten Falles.

Wir haben schon §. 2144 gesehen, daß wir den Hüftnerven eines Froschpräparates sehr rasch mit einer scharfen Scheere durchschneiden können, ohne daß Zuckungen zum Vorschein kommen. Der mechanische Eingriff bedarf daher hier einer gewissen Zeitdauer, damit die Gleichgewichtsstörung alle entfernteren Molecüle der Nerven anrege oder die Wirkung derselben sich auf die Muskelfasern übertrage.

Ein einmaliger Reiz erzeugt in der Regel eine rasch beendigte Verkürzung der quergestreiften Muskelfasern. Wiederholen sich dagegen die Ansprüche in sehr kurzen Zwischenräumen, so haben wir anhaltende Zusammenziehungen, die sich in den großen Muskelgruppen als Starrkrämpfe darstellen. Diese können sowohl nach mechanischen (§. 2145), als nach elektrischen Einwirkungen zu Stande kommen. Bietet die Empfänglichkeit die hinreichende Höhe dar, so bemerkt man dann unter dem Mikroskope, daß die Muskelfasern in den Zwischenzeiten nicht erschlaffen und sich nicht mit jedem folgenden Reize von Neuem zusammenziehen, sondern daß die discontinuirliche Anregung eine continuirliche Wirkung hervorbringt. Der zwischen je zwei Oeffnungen des Hammerwerkes des Magnetelektromotors liegende Zeitraum kann z. B. $\frac{1}{2}$ Secunde betragen, ohne daß hinreichend kräftige Froschmuskeln ihre Verkürzung in irgend einem Augenblicke sichtlich aufgeben.

Matteucci [1]) suchte die Dauer der Muskelverkürzung eines galvanischen Froschpräparates, welche der Einfluß einer Kettenschließung erzeugt, zu bestimmen. Eine geschwärzte Scheibe drehte sich gleichförmig 48 Mal in der Secunde. Ein Griffel, der mit dem Muskel in Verbindung stand, zeichnete auf ihm einen Kreis auf. Er wurde während der Dauer der Muskelverkürzung abgehoben. Die Länge der Unterbrechung ließ daher auf die Zeit der Verkürzung zurückschließen. Matteucci giebt an, daß diese weniger als $\frac{1}{100}$ Secunde beträgt. Sie scheint nur länger anzuhalten, weil das Glied im Anfange in eine andere Lage versetzt und am Ende in die frühere Stellung zurückgeführt wird.

Die Beobachtungen, die man mit Hilfe des Magnetelektromotors anstellen kann, führen zu größeren Zeitwerthen. Es ist schon §. 2704 und §. 2784 beschrieben worden, daß ein ihm lange ausgesetzter Muskel mannigfache Schwankungen immer stärkerer Verkürzungen oder dazwischen liegender augenblicklicher Erschlaffungen darbietet. Man kann sich aber durch das Fernrohr (§. 2683) und noch besser durch das Mikroskop überzeugen, daß die Verkürzung während der ganzen zwischen je zwei Schlägen liegenden Zeitdauer, wenn diese auch verhältnißmäßig groß ist, anhält.

Legt man ein hinreichend durchsichtiges Muskelstück auf die Glasplatte des Mikroskopes, an der die beiden Leitungsdräthe befestigt sind (S. 614), so darf man es nicht unmittelbar mit der Glasplatte in Berührung bringen, weil man sonst zwar häufig den

[1]) Matteucci, in den Philosophical Transactions. Part. II. for 1847. 4. p. 246 und 247.

Ruck der Zusammenziehung, nicht aber den Eintritt der Erschlaffung der Adhäsion an das Glas wegen bemerkt. Befindet sich eine ziemlich starke Wasserschicht unter der Muskelschicht, so wird dieser Uebelstand größtentheils vermieden.

Ich entfernte die Unterlage (Fig. 347 *h*, S. 404) vom Hammer (*g*) des Magnetelektromotors so weit, daß die einzelnen Schläge mit Hilfe der Secundenuhr abgezählt werden konnten. Sechs Bestimmungen der Art gaben 1,6 bis 2,2 und im Durchschnitt 1,9 Schläge in der Secunde. Wir können daher in runder Zahl annehmen, daß iede Oeffnung der Kette nach einer halben Secunde wiederkehrt. Ein Stück des Mylohyoidens externus eines eben vorher durch Zerstörung des Gehirns getödteten grünen Grasfrosches hielt 8 Schläge aus, ehe die geringste Spur von Erschlaffung, die plötzlich auftrat und scharf wahrgenommen wurde, auftrat. Mehrere Bruchstücke des Brustmuskels ergaben in dieser Hinsicht 18 bis 30, der Schneidermuskel 21 und ein Theil des äußeren Schenkelmuskels 31 Schläge. Die Verkürzung hielt in allen diesen Fällen ununterbrochen an. Der erste Schlag hatte daher eine Zusammenziehung, die mindestens nahebei eine halbe Secunde dauerte, zur Folge. Man konnte sich durch Gegenversuche überzeugen, daß hier keine Täuschung obwaltete. War nämlich ein Muskelstück anhaltend galvanisirt worden, so hatte es in der Folge seine Empfänglichkeit gänzlich verloren. Es ereignete sich aber bisweilen, daß es in einem zweiten kurz darauf angestellten Versuche von Neuem antwortete. Es zog sich nun nicht mehr anhaltend zusammen, sondern verfiel in eine Reihe abwechselnder Verkürzungen und Erschlaffungen, die so rasch auf einander folgten, daß sie den einzelnen Schlägen zu entsprechen schienen. Die eigenthümliche zähe Verkürzungsart, welche die Muskeln kurz vor ihrem völligen Tode (S. 613) und Froschpräparate unter manchen später zu erwähnenden Verhältnissen darbieten, lehrt ebenfalls, daß eine Zusammenziehung länger anzuhalten vermag.

4611 Es ist nicht gelungen, eine mit dem sinnlichen Auge wahrnehmbare Strömung des Nerveninhaltes während der Thätigkeit der motorischen Nervenfasern wahrzunehmen. Zerfaserte ich den Inhalt eines galvanischen Froschpräparates in der Mitte seines Verlaufes, brachte diese Stelle in das Gesichtsfeld des Mikroskopes und legte die Leitungsdräthe an das obere Ende des Nerven, so blieb das klare, nicht geronnene Nervenmark da, wo es deutlich erblickt werden konnte, ruhig, wenn auch die elektrischen Schläge Starrkrämpfe der Unterschenkelmuskeln zur Folge hatten. Das Harnblasengekröse des Frosches, in dem man einzelne gesonderte Nervenfasern und dünnere Nervenbündel ohne Weiteres erblickt (S. 601), führte zu den gleichen Ergebnissen. Man kann den Einwand erheben, daß vielleicht die Fasern, die gerade gesondert sichtbar waren, ihre Empfänglichkeit verloren hatten. Ihr Inhalt zeigte aber wenigstens keine Merkmale der Gerinnung, ein Umstand, der freilich wenig entscheidet. Wir werden überdies bald sehen, daß wahrscheinlich die Veränderungen, welche der Nerv im Augenblicke seiner Thätigkeit erleidet, zu denjenigen Molecularstörungen, die sich nicht durch unmittelbar sichtbare Strömungen verrathen, gehören.

Hannover [1]), Mandl [2]) und Heßling haben die Bemerkung gemacht, daß die Nervenfasern des Blutegels und einzelner anderer wirbelloser Geschöpfe eigenthümliche Bewegungen unter Wasser darbieten. Nimmt man nämlich ein zwei bis drei Knoten enthaltendes Stück der Bauchkette heraus, befreit es von seiner schwarz gefärbten Hülle und betrachtet es unter einer 50- bis 60maligen Durchmesservergrößerung, so sieht man,

[1]) Hannover, Recherches microscopiques sur le système nerveux. Copenhague 1844. 4. p. 72.

[2]) Mandl, in den Comptes rendus de l'Académie des sciences. Tome XXIII. Paris 1846. 4. p 683 — 85.

daß sich sowohl die Seitenäste, als die Bruchstücke des Verbindungsstranges lebhaft krümmen. Manche Blutegel bieten diese Erscheinung nicht dar. Wurde ein Tropfen Essigsäure zu dem Befeuchtungswasser zugesetzt, so verstärkte sich die Lebhaftigkeit der Bewegung.

Ich habe die Unbeständigkeit dieses Verhaltens ebenfalls wahrgenommen. Ein Blutegel, in dem ich den größten Theil des Ganglienstranges in dieser Hinsicht untersuchte, bot mir kein Beispiel einer irgend starken Krümmung der Nervenäste dar. Man konnte höchstens langsame und sogleich aufhörende Biegungen unter einer 165maligen Vergrößerung wahrnehmen. Ein zweites Thier dagegen lieferte viele Beispiele der Erscheinung an den Endstücken und den zwischen den Ganglien befindlichen Theilen des Mittelstranges, vorzüglich aber an den Seitenästen und den Verzweigungen derselben. Sie krümmten sich zuerst wurmförmig hin und her, rollten sich ein und auf und machten endlich nur schwache Biegungen. Die ganze Unruhe dauerte aber nur kurze Zeit, ich mochte die pigmentirte Scheide vollständig abgezogen haben oder nicht. War einmal Alles in Ruhe, so konnte ich es nicht wieder durch elektrische Schläge beleben. Ich sah höchstens unter 165facher Vergrößerung im Anfange höchst schwache augenblickliche Verrückungen, die jedoch eben so gut von geringen Erschütterungen herrühren konnten, oder eine Verstärkung der Krümmung, über die ich nicht minder in Zweifel blieb.

Die Blutegel, an denen ich die Erscheinung sehr deutlich beobachtete, waren unter Wasser lebend geöffnet worden. Ich hatte dann das Bruchstück der Ganglienkette möglich schnell herausgenommen, in einen neuen Wassertropfen gebracht und sogleich mikroskopisch untersucht. Ich sah aber auch ein Mal die Bewegungen in den Nerven eines Egels, der schon aufgeschnitten 3 Stunden lang todt unter Wasser gelegen hatte.

Oeffnete ich einen Blutegel, ohne daß er mit Wasser bedeckt war, und brachte einen Theil des Bauchstranges ohne weitere Befeuchtung unter das Vergrößerungsglas, so konnte ich keine Bewegungen in mehreren Versuchen wahrnehmen. Setzte ich nun einen Wassertropfen hinzu, so krümmten sich viele Aeste auf das Deutlichste, obgleich nicht so lebhaft, als in den günstigsten der oben erwähnten Beobachtungen. Es frägt sich daher, ob nicht die ganze Erscheinung von der Einwirkung der hinzugefügten Flüssigkeit herrührt.

Man hat die Kraft, welche die Thätigkeit der Nerven bedingt, mit 4612
dem Namen der Lebensgeister, der Nervenenergie, des Nervenprincipes, des Nervenagens, des Nervenäthers, der Polarität oder des Polarisationszustandes der Nerven [1]) bezeichnet. Alle diese Ausdrücke verrathen natürlich nur die Unbekanntschaft mit dem inneren Wesen jener Wirkung. Es bleibt bei ihnen dahingestellt, ob das Nervenagens mit einer auch in den Pflanzen und den unorganischen Wesen vorkommenden Thätigkeitsäußerung übereinstimmt oder nicht. Viele früheren Beobachter setzten schon voraus, daß Elektricität und Nervenprincip das Gleiche seien. Allein die hierfür angeführten Gründe waren so schwach und unbestimmt, daß jene Ansicht gerade von den strengeren Forschern verworfen wurde. Die Verhältnisse der Zitterfische führten zu dem Ausspruche, daß Elektricität und Nervenkraft in demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie Elektricität und Magnetismus (§. 351). Du Bois [2]) nimmt endlich wiederum in neuerer Zeit an, daß Elektricität und Nervenprincip das Gleiche sind. Es läßt sich nach ihm nachweisen, daß elektrische Ströme in allen Theilen des Nervensystemes vorhanden sind, daß sie sich in dem Nerven im Augenblicke seiner Thätigkeit ändern und daß man den Wechsel des Muskelstromes, der die Verkürzung bedingt, auch an dem unversehrten thierischen

[1]) R. Todd, in s. Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. London 1847. 8. p. 720. 30.
[2]) Du Bois, Untersuchungen. S. XV.

Körper bemerken könne. Wir werden jedoch in der Folge (§. 4618) sehen, daß weder diese, noch andere Thatsachen darthun, daß die Nerventhätigkeit nur auf einer Veränderung der elektrischen Verhältnisse beruht.

Viele Forscher, welche die Nervenkraft für keine elektrische Erscheinung hielten, suchten sich die Wirkungen derselben aus Wellenerschütterungen des Nervenäthers zu erklären. Diese Ansicht setzte voraus, daß die Schwingungen des Lichtäthers Schwingungen in der Netzhaut und dem Sehnerven und die der wägbaren Stoffe Wellenbewegungen in dem Hörnerven erzeugen. Man konnte sich so die Dauer dieser Sinneseindrücke (§. 3806) aus dem Nachschwingen der Nervengebilde erklären. Wenn anhaltende Starrkrämpfe durch centripetale elektrische Ströme beseitigt wurden, so stellte man sich diese als eine Interferenzwirkung vor. Die centrifugale Wellenbewegung des Nervenäthers werde durch die centripetale, welche der elektrische Strom bedingt, aufgehoben.

Du Bois[1]) hat bis jetzt zwei Ergebnisse, welche mit seiner oben angeführten Ansicht in Verbindung stehen, kurz veröffentlicht. 1) Taucht man die beiden Hände in zwei mit Salzwasser gefüllte Gefäße, die mit einem Galvanometer durch Platinaplatten verbunden sind, und wartet, bis sich die durch den chemischen Gegensatz bedingte Schwankung der Nadel beruhigt hat, so erhält man eine neue Abweichung, so wie man die Muskeln des einen Armes anspannt. Der hierdurch angezeigte Strom geht centripetal d. h. von den Fingerspitzen nach der Schulter desjenigen Armes, dessen Muskeln in Thätigkeit versetzt worden. Während Despretz, Becquerel und Matteucci[2]) die höhere Bedeutung und das sichere Vorkommen dieser Erscheinung in Abrede stellten, will Ducros[3]) bemerkt haben, daß die Nadel eines Galvanometers, das mit dem Kopfe und dem Nacken eines Menschen in Verbindung steht, abweicht, so wie dieser Schmerz empfindet oder selbst nur schwierige mathematische Aufgaben berechnet.

2) Setzt man eine Strecke eines Nerven einem elektrischen Strome aus, so wirken nach Du Bois alle außerhalb der erregten Stelle liegenden Punkte des Nerven elektromotorisch nach dem Gesetze der Säule in der Richtung des erregenden Stromes, so lange dieser selbst anhält.

Fig. 360.

Es wäre möglich, daß eine mir aufgestoßene Erscheinung zu dem letzteren Falle gehörte. Ich befestigte eine Reihe von Korkstücken auf einer Glasplatte und legte auf diese einen beuchteten Baumwollendocht, den ich mit vier Leitungsnadeln in *a*, *b*, *c* und *d* Fig. 360 durchstach. Ich brachte *a* und *b* mit einem Galvanometer in Verbindung und wartete, bis die Nadel auf einem gewissen Grade der Abweichung ruhte. Verband ich nun *c* und *d* mit einer Zinkkohlenkette, so rührte sich die Magnetnadel nicht mehr. Der Strom ging den kürzesten Weg *c d* und kein merklicher Nebenstrom umfaßte die Bahnstrecke *a b*.

Stach ich dagegen zwei obere Leitungsnadeln auf die später zu erwähnende Weise in die Gegend des centralen Theiles des Hüftnerven eines vor 27 Stunden enthaupteten Frosches und verband diese *a* und *b* mit einem Galvanometer, während zwei andere Nadeln einen galvanischen Strom durch *c d* führten, so erhielt ich andere Ergebnisse. Die Entfernung *a b* betrug z. B. 9 Mm., *b c* 3 Mm. und *c d* wieder 9 Mm.. So wie der Kreis des Galvanometers geschlossen wurde, warf sich z. B. die Magnetnadel, die auf 0° eingestellt worden, auf + 17 bis + 18° d. h. in einer Richtung, welche einen centrifugalen Strom andeutete. Sie schwankte zuerst in größeren, immer mehr nach 0° gerichteten Bogen, rückte dann sehr langsam einseitig nach 0° fort und blieb endlich bei 4° bis 5°. Verband ich nun *c d* mit einer Kette, deren Strom centrifugal ging, so gab die Nadel + 30° als ersten Ausschlag Sie ruhte endlich bei + 7° d. h. *a b* zeigte ebenfalls einen schwächeren centrifugalen Strom im Augenblicke des Schlusses und während der Dauer der Schließung der Kette an. Oeffnete ich die Kette, so schwankte die Nadel zuerst zwischen + 7° und − 7°. Sie ruhte endlich bei + 1½° bis + 2½°. Schloß ich nun *c d* centripetal, so betru-

---

[1]) Poggendorff's Annalen. Bd. LXXV. 1848. S. 464.
[2]) Comptes rendus. 1849. Bd. 28. p. 782.
[3]) Ducros, Ebendaselbst. 1849. Bd. 29. p. 16.

gen der erste Ausschlag — 38° und die Ruhe 0° bis + 1°. Hob ich die Kette auf, so ging die Nadel nach der positiven Seite fort und erhielt sich zuletzt bei + 2½°.

Ich habe im Wesentlichen gleiche Ergebnisse in einzelnen lebenden Fröschen wahrgenommen, während andere lebende oder todte Thiere einen kaum merklichen Ausschlag lieferten. Die Ausschläge kehrten aber noch, wenn sich die Muskeln nicht mehr verkürzten, ja wenn selbst der Körper des Frosches, der 75 Stunden vorher getödtet worden, der Fäulniß in hohem Grade verfallen war, wieder. Jene Eigenschaft überlebt daher die Verkürzungseinflüsse der Nerven für lange Zeit.

Ein frisch abgerissener Blattstengel von Aesculus Hippocastanum und ein älterer Blüthenstengel von Nymphaea alba verhielten sich, wie ein befeuchteter Baumwollendocht. Ganz frische Muskelstreifen des Oberschenkels des Frosches lieferten im Anfange Ausschläge, wie sie der Frosch im Ganzen zeigte, jedoch in schwächerem Maaße. Die Rückenhaut ergab zweifelhafte Resultate.

Manche Physiker ließen die physiologische Wirkung mit der Dichtig- 4613
keit oder der Intensität des Stromes fallen und wechseln. Matteucci [1]) bemühte sich in neuester Zeit, die Richtigkeit dieser Annahme an den Wirkungen eines einfachen Froschpräparates unter manchen Einschränkungen nachzuweisen. Es giebt nämlich nach ihm eine gewisse, nicht bedeutende Stromstärke, welche schon die größtmöglichen Verkürzungen bedingt, so daß noch kräftigere Ströme keine größeren Erfolge nach sich ziehen. Arbeitet man dagegen mit Strömen, die unterhalb jener Grenze liegen, so zeigt sich, daß der physiologische Erfolg der Intensität des Stromes proportional ist.

Du Bois [2]) faßte die Erscheinungen unter einem anderen Gesichtspunkte auf. Der Bewegungsnerv beantwortet nach ihm nicht die absolute Stromdichtigkeit, sondern den Wechsel dieses Werthes von einem Zeittheilchen zum anderen. Die Zuckung fällt unter sonst gleichen Verhältnissen um so bedeutender aus, je schneller diese Veränderung bei gleicher Größe vor sich geht oder je größer sie in derselben Zeiteinheit erscheint. Es kann daher dieselbe Stromdichtigkeit zu den verschiedensten Erfolgen Veranlassung geben. Wir werden bald Beobachtungen kennen lernen, welche diese Vorstellung in hohem Grade unterstützen.

Da die Zuckung bei nicht zu starken Strömen nur im Augenblicke des Schlusses oder der Oeffnung aufzutreten (§. 2197.), während des Geschlossenseins der Kette dagegen auszubleiben pflegt, so kann man schon schließen, daß der Wechsel der Intensität und nicht die sich gleich bleibende Stromgröße diesen Erfolg vor Allem bedingt. Die Stromdichtigkeit steigt im Augenblicke des Schlusses von Null bis zu einer gegebenen Höhe, sie kehrt in dem Momente des Oeffnens aus dieser zu Null zurück. Es erklärt sich aus jener Anschauungsweise, weshalb die Froschpräparate die geringsten Spuren der Reibungselektricität, welche eine steile Abgleitungscurve darbietet, beantworten, warum die mechanische Erschütterung des Metalls oder des Nerven das Auftreten der Zuckungen begünstigt, weshalb die physiologische Wirkung einer gegebenen Elektricitätsmenge nach Maaßgabe der Ausgleichungsverhältnisse wechselt und das häufige Unterbrechen des Stromes, welches an und für sich die elektrolytischen Wirkungen des Stromes vermindert, die Muskeln in anhaltende Starrkrämpfe versetzt.

Denkt man sich die wechselnden Stromdichtigkeiten als Ordinaten und die Zeit als Abscisse aufgetragen und gleitet eine gegebene Elektricitätsmenge von Null bis zu ihrer

---

[1]) Matteucci, in den Philosophical Transactions Part II. for 1847. London 1847. 4. p. 243 — 247.

[2]) Du Bois, a. a. O. S. 258 — 274.

größten Höhe oder umgekehrt ununterbrochen ab, so wird die Stärke der Erregung mit der Verkleinerung der Zeit wachsen. Man fühlt daher gleichsam nach Dove's [1]) Ausdruck die Abscisse.

Setzt man einen Bewegungsnerven einem sehr starken Strome aus, so ergiebt es sich, daß die Muskeln auch während des Geschlossenseins der Kette fortwährende Wechselkrämpfe darbieten. Du Bois [2]) leitet diese Erscheinung von den starken elektrolytischen Wirkungen, welche sich indeß geltend machen, her. Wir werden später sehen, daß solche Zuckungen selbst bei schwachen Strömen unter anderen Bedingungen und zwar nur während des Schlusses, nur nach der Oeffnung der Kette oder ununterbrochen auftreten können.

Manche vielleicht nur scheinbare Ausnahmen kehren in den Empfindungsnerven wieder. Das stechende oder brennende Gefühl, der Geschmack, die Töne und selbst die Lichtbilder, die man während der Einwirkung galvanischer Ströme wahrnimmt, dauern oft nach Geschlossensein der Kette fort. Du Bois nimmt an, daß dieses für den Tastsinn nur bei starken Ketten gilt, in denen unwillkührliche Muskelzuckungen hinzutreten. Schwache liefern die Empfindung einzig und allein in dem Augenblicke des Schlusses. Legt man die Dräthe an Hautwunden, so ist es der stechend brennende Schmerz, der die eigentlich elektrische Einwirkung übertäubt und sich während des Geschlossenseins der Kette noch steigert. Die Fortdauer der Lichterscheinung während des Geschlossenseins kann noch bezweifelt werden. Ich glaube, daß hier noch die Dauer der Sinneseindrücke und die fortwährenden leisen Erschütterungen, welche der Pulsschlag erzeugt (Bd. I. §. 1044 fgg.), manche Verhältnisse, die man zu Gunsten der Wirkung während des Geschlossenseins der Kette anführte, bedingt haben.

4614 Die elektrischen Ströme bilden die feinsten, bis jetzt bekannten Prüfungsmittel, um die Molecularverhältnisse der Nerven kennen zu lernen. Sie verrathen Zustände, die sich auf keine andere Weise kund geben. Soll Dasjenige, was man bis jetzt mit dem unbestimmten Namen der Empfänglichkeitsgrade bezeichnen muß, auf klarere und sicherere physikalische Begriffe zurückgeführt werden, so verspricht eine genauere Verfolgung der elecktrischen Einflüsse das Meiste zu leisten. Es zeigt sich hierbei, daß sich die Molecularbeziehungen der Nerven unter gewissen Bedingungen bleibend ändern, daß sie unter anderen sehr schnell wechseln, oft aber eben so rasch in die früheren Verhältnisse zurückkehren, daß sich gewisse Stellungen der Molecüle trotz der verschiedensten Empfänglichkeitsgrade hartnäckig erhalten und daß daher dann die Art der Wirkung von der Quantität derselben unabhängig ist.

Die Voltaische Alternative (§. §. 2191, 2193, 2256.) oder wie es Pfaff und seine deutschen Nachfolger nannten, die Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten lehren am Deutlichsten, wie sich die Molecularverhältnisse der Nerven unter dem Einflusse der galvanischen Ströme dauernd oder vorübergehend ändern. Wir haben schon früher gesehen, daß hier die Richtung des Stromes einen wesentlichen Einfluß ausübt. Der Erfolg wechselt, je nach dem er in der Bahn von den peripherischen Theilen nach dem Rückenmark oder Gehirn d. h. central, centripetal oder aufsteigend oder umgekehrt d. h. peripherisch centrifugal oder absteigend durchstreicht. Du Bois [3]) hat mit Recht diese beiden Fälle auf Unterschiede des Winkels, unter dem der Strom einbricht, zurückgeführt. Denken wir uns z. B., ein peripherischer oder centrifugaler Strom durchsetze den Hüftnerven in einer ihm parallelen Richtung, so wird der Eintrittswinkel 0° gleichen. Er bleibt peripherisch, so lange sich seine Neigung zwischen 0° und 90° erhält. Wir haben bei 90° den Fall, in welchem der Strom weder peripherisch noch central, sondern auf kürzester Bahn quer oder senkrecht auf die Längenachse des Nerven durch-

[1]) Du Bois, a. a. O. Seite 270. [2]) Du Bois a. a. O. Seite 258.
[3]) Du Bois, a. a. O. Seite 306.

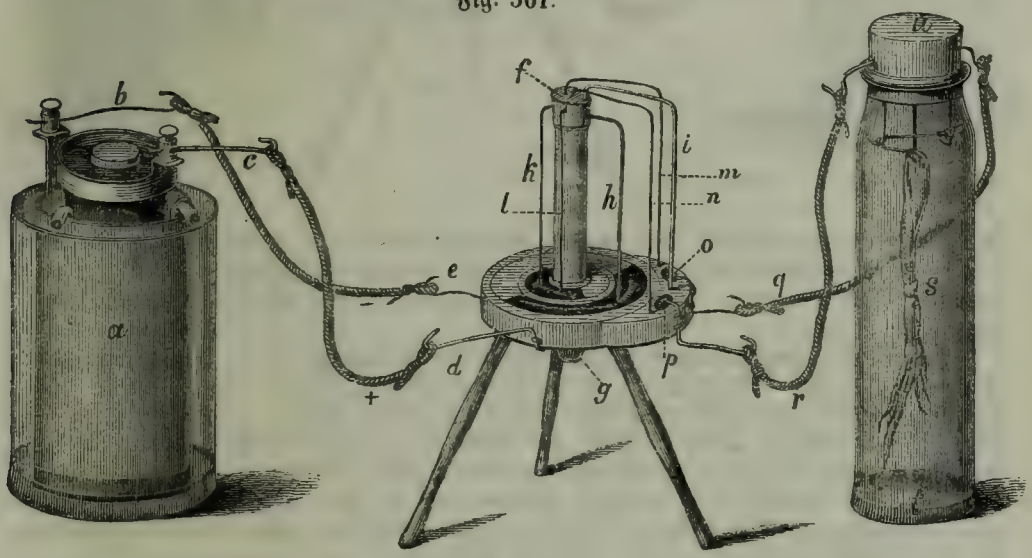
geht. Die Winkelrichtungen dagegen, die zwischen 90° und 180° liegen, geben keinen peripherischen, sondern einen centralen Strom.

Ich habe eine Reihe von Untersuchungen, die sich in mancher Hinsicht von den früheren Beobachtungen der Art unterscheiden, in neuerer Zeit angestellt. Man pflegt z. B. sonst ein Froschpräparat eine Reihe von Malen zu reizen und sich dann hieraus ein gewisses allgemeines Ergebniß herzuleiten. Die Ausnahmen, auf die man stößt, werden auf diese Art weniger berücksichtigt. Es entgehen leicht feinere Einzelnheiten, die sich nicht sogleich zu erkennen geben. Ich glaubte diese Klippen zu vermeiden, wenn ich mir jeden einzelnen Reizversuch mittelst der bald anzugebenden Zeichensprache aufschrieb und so dann die verschiedenen Erfolge in Muße verglich.

Die gewöhnliche Versuchsmethode schließt das allmählige Vertrocknen des Nerven nicht aus. Ich prüfte diesen daher in einem mit Wasserdampf gesättigten Apparate. Ich richtete es zugleich so ein, daß der Nerv in einer bestimmten, beständigen oder nach Belieben wechselnden Bahnstrecke von den elektrischen Hauptströmen durchsetzt wurde. Ich bemerkte zugleich bald, daß man hierbei einen Stromwender zu vielen Beobachtungen nöthig hat, weil sich der durch eine bestimmte Stromesrichtung bedingte Molecularzustand längst geändert hat, ehe man die Pole mit freier Hand umkehren kann. Ich bediente mich daher folgender Arten von Vorrichtungen:

Fig. 361. zeigt uns den Apparat, wie ich ihn zur Untersuchung der gewöhnlichen Froschpräparate bei beständiger Länge des durchströmten Hüftnerven gebrauchte. *a* ist

Fig. 361.



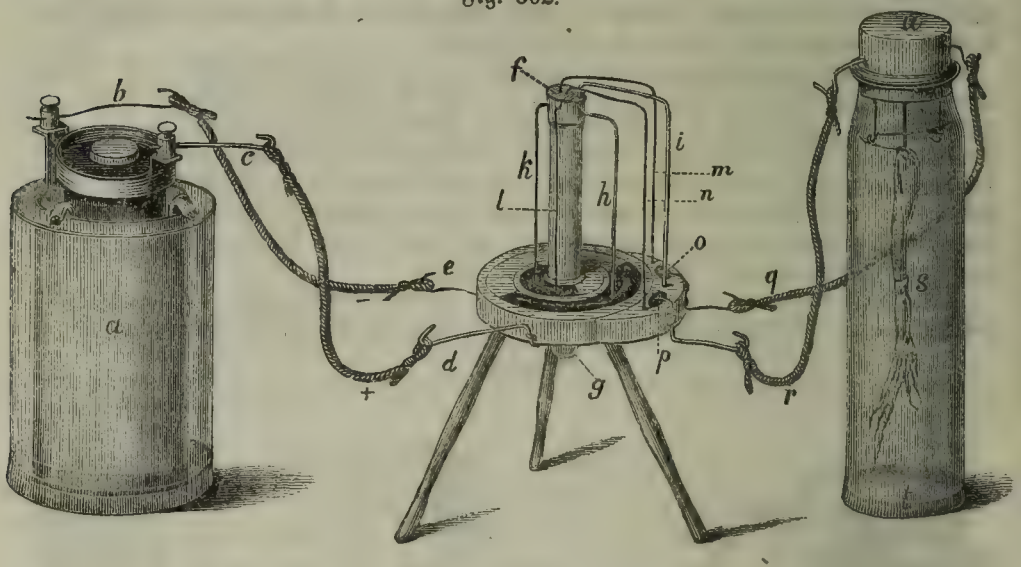
eine einfache Zink-Kohlenkette. Der ungefähr 1 Mm. Dicke und 5 Centim. im äußeren Durchmesser haltende Zinkcylinder wird durch eingesetzte Glasstäbe von dem Kohlencylinder, der 4 Centim. im Durchmesser hat und oben einen Kupferring trägt, geschieden. Der im Kohlencylinder befindliche Sand ist mit Salpetersäure getränkt. Das umgebende Glas enthält eine gesättigte Auflösung von Kochsalz. Diese war in der Regel nur bis zu einer Höhe von höchstens einem Centimeter aufgeschichtet, weil die schwachen Ströme, wie wir sehen werden, die schärfsten Ergebnisse liefern. Ich beschränkte mich sogar in manchen Fällen absichtlich nur auf eine Flüssigkeitsschicht von 1 Mm. Höhe, um mit möglichst schwachen Strömen zu arbeiten. Größere Mengen der Auflösung wurden nur ausnahmsweise und für gewisse Nebenzwecke angewendet.

Der positive Strom geht hier von dem positiven Zink durch die Salzlösung zu der negativen Kohle und tritt zu dem negativen Kupferringe heraus. Es ist daher der mit diesem verbundene Leitungsdrath *c* positiv und der mit dem Zinkcylinder vereinigte Leitungsdrath *b* negativ. Hätten wir einen Zinkkupferapparat, wie er z. B. Bd. II. Fig. 44 abgebildet worden, an ein Froschpräparat unmittelbar angelegt, so hätten wir gerade das Umgekehrte gehabt, weil dann das Froschpräparat selbst den feuchten Leiter bildet.

Cordonschnüre von Neusilber, die gut leiten und sich von selbst in beliebige Stellungen bringen, stellen die Verbindung mit dem Stromwender her. Dieser hat zwei hervorragende Kupferdräthe *d* und *e*. *d* nimmt die positive und *e* die negative Leitungsschnur, wie es die Fig. 362. zeigt, auf.

Der Stromwender selbst besteht aus einem dreibeinigen Tischchen, dessen runde Platte zwei bogenförmige, dem Mittelpunkte concentrische Furchen enthält. Beide sind mit Quecksilber gefüllt und so weit ausgeschnitten, daß die bald zu erwähnenden Dräthe

Fig. 362.



n ihnen frei spielen können. Ein hohler Cylinder erhebt sich in der Mitte. Er enthält einen cylindrischen Stab, der oben in einen breiteren, aber kürzeren Cylinder *f* und unter der Platte in einen Knopf *g* anschwillt. Man kann ihn leicht herumdrehen, indem man *f* oder *g* anfaßt.

Der positive Leitungsdrath *d* geht unter der Tischplatte weiter und dringt dann durch eine Oeffnung, die sonst mit Kitt gut verschlossen ist, in die äußere Furche. Der negative Drath begiebt sich auf ähnliche Weise zur inneren Furche. Ein Kupferdrath *h* spielt in der äußeren Furche, schlägt sich dann im Inneren des Cylinders *f* um und kommt als *i* zum Vorschein. Zwei Kupferdräthe *k* und *l* tauchen in die innere Quecksilberrinne und treten nach ähnlichem Verlaufe als *m* und *n* hervor. Der Tisch, der bald zu erwähnende Trog und die Drehvorrichtung sind von Holz verfertigt. Wir haben daher einen mittleren positiven Poldrath *i* und zwei äußere negative *m* und *n*.

Die Tischplatte trägt vorn einen kleinen Trog, in dem zwei von einander entfernte Löcher *o* und *p* angebracht sind. Man füllt diese mit Quecksilber, so daß convexe Kuppen hervorragen. Stehen die Dräthe so wie es die Figur anzeigt, d. h. über dem Holze, so hat das in *o* und *p* befindliche Quecksilber keine Verbindung mit Säule. Drehen wir nun *f* oder *g* so, daß der in passender Entfernung befindliche Drath *i* in *o* und der Drath *n* in *p* taucht, so ist *o* positiv und *p* negativ. Kehren wir um, so daß *i* das Quecksilber in *p* und der von *i* eben so weit als *n* entfernte Drath *m* das in *o* berührt, so ist *p* positiv und *o* negativ.

Zwei in der Figur leicht kenntliche Leitungsdräthe gehen von *o* und *p* aus. Stehen diese wiederum mit den Leitungsschnüren *q* und *r*, die mit dem Nerven des Froschpräparates zusammenhängen, in Verbindung, so kann man dann die Stromesrichtung im Augenblicke wechseln lassen.

Das Froschpräparat selbst ist in einem luftdicht verschlossenen Glase *s* aufbewahrt. Man gießt etwas Wasser *t* auf den Boden des Gefäßes, um den Nerven vor dem Vertrocknen zu schützen. Ich war auf diese Weise im Stande, einen und denselben Froschschenkel zwei Tage hinter einander zu untersuchen. Man kann aber auch umgekehrt den Nerven durch den Gebrauch von Schwefelsäure oder Chlorcalcium künstlich austrocknen

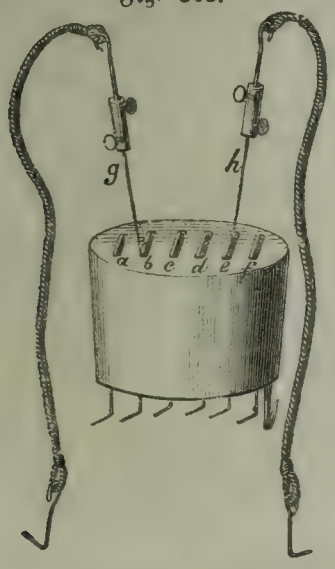
oder ihn den Dämpfen des Aethers, des Chloroforms, der Essigsäure, des Ammoniaks und dergleichen aussetzen.

Das Glas *s* wird durch einen Kork *u* luftdicht geschlossen. Zwei kupferne Leitungsdräthe, an denen die zuleitenden Schnüre aufgehängt werden, gehen durch ihn hindurch und endigen in rechtwinkelig umgebogene Arme von gleicher Höhe, um den Nerven aufzunehmen. Das Froschpräparat wird an einem Hornhaken, das in der Unterfläche des Korkes befestigt ist, in der Masse zwischen dem Knie und dem Wadenmuskel aufgehängt. Man schlägt dann den Hüftnerven, wie es die Abbildung zeigt, um den einen Leitungsdrath herum, führt ihn nach dem anderen hinüber und befestigt ihn hier durch eine oder mehrere Touren. Man hat so eine beständige Strecke des Nerven, die von den elektrischen Strömen durchflossen wird. Sie betrug in der Regel in meinen Versuchen zwischen $1\frac{1}{2}$ und 2 Centimeter.

Ist z. B. Alles, so wie es die Abbildung zeigt, angeordnet, so entspricht die Leitungsschnur *q* dem centralen und *r* dem peripherischen Ende des Nerven. Dreht man den Stromwender so, daß der positive Drath *i* in das Quecksilber von *o* und der negative *n* in das von *p* taucht, so geht der Strom peripherisch oder centrifugal durch. Dreht man dagegen bei *f* oder *g*, daß *i* in *p* und *m* in *o* eingreift, so hat man einen centralen oder einen centripetalen Strom.

Man sieht leicht, daß die Länge des Nerven, die von der Elektricität durchflossen wird, in der eben geschilderten Vorrichtung in allen Fällen die gleiche bleibt. Wollte ich nun mit wechselnden Längen Versuche anstellen, so vertauschte ich den Kork *u* Fig. 362 mit dem Fig. 363 abgebildeten Zapfen.

Fig. 363.



Dieser Kork hat, wie man sieht, 6 Dräthe. An seiner oberen Fläche befinden sich 6 längliche Rinnen, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, in welchen die umgebogenen Enden der Dräthe versenkt sind und in die man vorn einen kleinen Leitungshaken oder noch besser die bald zu erwähnenden Leitungsnadeln, *g* und *h*, befestigt. Der Hornhaken, der das Froschpräparat aufnimmt, ist hier an dem einen Ende angebracht, damit man so wenig Länge als möglich verliert. Die Kniebeugungen der Dräthe bilden im Ganzen einen Bogen, wie ihn die Abbildung darstellt. Man sichert sich hierdurch, daß alle Dräthe den aufgelegten Nerven berühren. Ist Alles vorbereitet, so füllt man die Rinnen mit Quecksilber. Die Entfernung der Dräthe von *a* und *b* betrug z. B. in einer meiner Vorrichtungen 5, die von *b* und *c* 6, die von *c* und *d* 7, die von *d* und *e* 6 und die von *e* und *f* wieder 5 Mm. Schloß ich z. B. die Kette vermöge der Haken der Zuleitungsdräthe in *a* und *b*, so wurden 5 Mm. durchströmt. War dagegen die Verbindung in *a* und *f* hergestellt, so betrug die durchflossene Nervenstrecke 29 Mm.

Diese Einrichtung paßt noch zu mehreren anderen Versuchen. Man kann z. B. sehen, ob und welche Unterschiede ein Nerv giebt, je nachdem die gleiche Länge des centraleren oder des peripherischen Stückes elektrisch angeregt wird. Man braucht dann nur z. B. das eine Mal *f* und *e* und das zweite Mal *b* und *a* als Verbindungsglieder zu benutzen. Man ist aber auch im Stande, die *fe* entsprechende Strecke der Nerven einer Stromesrichtung anhaltend auszusetzen und dann zu untersuchen, ob, wie und wann dieses die Stimmung der zu *b a* gehörenden Nervenstrecke verändert.

Will man reine und sich gleichbleibende Ergebnisse in lebenden Fröschen erlangen, so muß man alle heftigeren Nebenverletzungen vermeiden. Ich schritt daher nur in den Fällen, wo es unvermeidlich oder des Vergleiches wegen geboten war, zur blutigen Bloßlegung der Nervenstämme. Ich bediente mich dagegen meistentheils der Acupunctur, um unter möglichst natürlichen Verhältnissen zu arbeiten.

Die Vorrichtung blieb im Wesentlichen die gleiche, wie sie Fig. 362 gezeichnet wor-

den. Nur wurde natürlich das Glas *s* weggelassen. Ich gebrauchte hier Leitungsschnüre, wie sie Fig. 363 an *g* und *h* dargestellt sind. Ein hohles cylindrisches Messingstück ist mit zwei Klemmschrauben versehen. Die obere befestigt die Leitungsschnur, die untere die Stahlnadel, die unmittelbar eingestochen wird. Man kann beide Theile der Vorrichtung mittelst der Schrauben leicht wechseln. Ich stach die Nadeln ohne Weiteres in die Gegend des Hüftnerven oder eines anderen leicht zugänglichen Nerven ein. Man hat allerdings hier Nebenwirkungen, welche die feuchten, den Nerven umgebenden thierischen Theile bedingen. Der Hauptstrom geht aber in der Länge des Nerven hin. Die vorzüglichsten Ergebnisse sind daher auch so beständig, als man es irgend wünschen kann, und stimmen im Wesentlichen mit denen, in welchen die Bloßlegung des Nerven keine Veränderung erzeugte, überein.

Was die Schmerzenseindrücke betrifft, so habe ich die Resultate, welche Frösche für schwächer oder stärker geladene einfache Ketten geben, gänzlich bei Seite gelassen. Man bemerkt allerdings oft genug, daß sich das Thier krümmt, den Mund öffnet oder selbst schreit, daß es seinen zweiten Fuß oder den ganzen Körper bewegt, wenn man den Nerven des anderen Fußes elektrisch reizt, daß Reflexbewegungen in entfernten Theilen des enthaupteten Frosches auftreten. Alle diese Zeichen sind aber in hohem Grade unbeständig. Sie fehlen in einzelnen Thieren vollständig. Sie kommen in anderen am Anfange zum Vorschein und mangeln bei Fortsetzung der Versuche. Sie zeigen sich endlich bisweilen erst in dem Verlaufe der Prüfung, wenn das Thier gleichsam ungeduldig wird.

Anders verhält es sich dagegen mit sehr starken Inductionsschlägen. Man kann hier, wie wir sehen werden, bewirken, daß frisch eingefangene Frösche so laute Töne, wie man sie sonst, selbst nach der eingreifendsten Nervenverletzung selten hört, hervorbringen.

Will man den Magnetelektromotor gebrauchen, so darf man sich nicht des gewöhnlichen, in Fig. 347 abgebildeten Hammerwerkes bedienen. Der menschliche Körper kann nämlich am Deutlichsten lehren, wie wenig zuverlässig jene Einrichtung ist, wenn es sich um einen einzigen Schließungs- oder Oeffnungsstrom handelt. Hat man nämlich die Kette an den Magnetelektromotor angefügt und den Hammer so tief herabgeschraubt, daß er auf der Unterlagsplatte beständig ruht, und faßt die Handhaben mit den befeuchteten Händen, so wird man finden, daß die Ergebnisse häufig wechseln. Man erhält oft keinen Schlag, sei es, daß man den Hammer abheben oder wieder anlegen läßt. Man empfindet ihn in anderen Fällen, wenn der Gehilfe zu schließen glaubt und in noch anderen, wenn er öffnet. Eben so wechselt die Stärke der Empfindungen auf das Mannigfaltigste. Der Grund dieser Schwankungen liegt darin, daß der Schluß fester Körper immer etwas unsicher ist. Die Ungleichheiten der Oberfläche, kleine Staubtheile, das Zittern der Hand und andere, nicht zu berechnende Nebenverhältnisse täuschen hier in hohem Grade.

Man hat viele Elektromotoren, in denen der Schluß und die Oeffnung durch Quecksilber vermittelt wird. Der Hammer ist hier durch eine Platinspitze ersetzt. Die Unterlagsplatte trägt einen kleinen Löffel, der mit einem Tropfen amalgamirten und daher nicht so leicht herausspringenden Quecksilbers gefüllt wird. Die Platinspitze berührt dieses abwechselnd und reißt sich wieder von ihm los.

Will man die Wirkung des Schlusses oder der Oeffnung eines einzigen Inductionsstromes untersuchen, so muß man auch zum Quecksilberschlusse seine Zuflucht nehmen. Man entfernt zu diesem Zwecke die Unterlagsplatte *h* Fig. 347, befestigt einen Leitungsdrath an der Metallplatte, auf der sie ruht und senkt ihn in den einen Schenkel des Fig. 359 abgebildeten, mit Quecksilber gefüllten U-förmigen Rohres. Man bringt den zweiten Leitungsdrath an dem Hammer oder einem der metallisch mit ihm verbundenen Stücke an. Taucht man diesen in den zweiten Schenkel des Rohres, so wird die Kette geschlossen. Zieht man ihn heraus, so wird sie geöffnet. Gebraucht man diese Verbindungsweise, so empfindet der Mensch immer nur den oft heftigen Oeffnungsschlag, während er bei dem Schlusse nichts bemerkt. Die Ergebnisse entsprechen daher hier dem richtigen Sachverhalte (Bd. I. S. 185. fgg.). Die Frösche und die Kaninchen liefern auch nur bei diesem Verfahren sicherere Ergebnisse.

Es wurde früher erwähnt, daß ich jeden einzelnen Reizversuch mittelst einer Art Zeichensprache tabellarisch eintrug. Ich glaube, daß die allgemeine Annahme einer solchen Ausdrucksweise von Vortheil wäre. Wenn man die einfacheren Verhältnisse bis jetzt mit den Worten der centripetalen und der centrifugalen elektrischen Ströme und

der Schließungs- und der Oeffnungszuckung umschrieb, so wurde es sogar für den Kundigen schwer, verschiedene Angaben augenblicklich zu vergleichen und selbst Mißverständnisse zu vermeiden. Hat dagegen jeder Einzelerfolg seine bestimmte, in Zeichen ausgedrückte Formel, so kann man die Uebereinstimmung oder den Unterschied im Augenblicke übersehen. Ich habe daher wenigstens einen Theil der von mir gebrauchten Abkürzungen in der nachfolgenden Darstellung benutzt.

Der centripetale oder centrale Strom wird mit *c* und der centrifugale oder peripherische mit *p* bezeichnet. Ziehen sich die Muskeln des Ober- und des Unterschenkels mit oder ohne die des Fußes gleichzeitig zusammen, so bemerkt man dieses mit *A*, *B* u. s. f., *a*, *b* u. s. w. bezeichnet das Gleiche für die Oberschenkelmuskeln allein, 1, 2, 3 u. s. f. für jene bekannte Zusammenziehungsweise der galvanischen Froschpräparate, bei denen der Wadenmuskel allein arbeitet oder wenigstens den Ausschlag giebt, *I*, *II* u. s. f. für die Muskeln, die an der vorderen Seite des Unterschenkels und des Fußes liegen. Dieser Doppelfall wird, wo es nöthig ist, durch untergeordnete Zeichen unterschieden α, β, γ u. s. f. endlich bezieht sich auf das Spiel einzelner Zehen.

Da sich die Muskeln in verschiedenem Grade zusammenziehen, so drückt man dieses schätzungsweise durch ein gewähltes Zeichen aus. Man schreitet hierbei in aufsteigender Reihe weiter. *A*, *a*, 1, *I* und α bezeichnen die schwächsten und *E*, *e*, 5, *V* und ε die stärksten Grade der einzelnen ihnen entsprechenden Bewegungen. *B*, *C*, *D* u. s. f. beziehen sich dann auf die immer zunehmenden Zwischenstufen der Verkürzung. Wir werden später sehen, daß die meisten eigenthümlichen Wirkungen der Nerven in fast allen Graden der Verkürzung auftreten. Will man dieses ausdrücken, so trägt man dann z. B. *A* bis *E* oder 1 bis 5 in die Formel ein.

Jede Wirkung eines elektrischen Stromes hat vier Punkte zu berücksichtigen, den Schluß, die Oeffnung, die Zeit, während welcher die Kette geschlossen ist, und die, welche der Oeffnung nachfolgt. Jede Formel enthält daher vier Glieder, die in der eben erwähnten Reihe hinter einander stehen. Ruhten die Muskeln während irgend eines der vier Glieder, so wird dieses mit 0 angegeben. Die Erscheinungen des Schlusses oder der Oeffnung haben die eben erläuterten Zeichen. Es ereignet sich aber, daß Wechselkrämpfe oder anhaltende Zuckungen während des Geschlossenseins der Kette vorhanden sind und mit dem Oeffnen aufhören oder umgekehrt mit dem Schlusse schwinden und nach der Oeffnung wiederkehren. Erhält sich die Zuckung während der ganzen Dauer des Geschlossenseins der Kette, so wird dieses mit *z z*, wenn nicht, mit *z* im dritten Gliede bezeichnet. Man setzt dann das Zeichen hinzu, welches den zuckenden Muskeln entspricht. Spielen diese nach der Oeffnung, so wiederholt sich das Gleiche für das vierte Glied. Der Unterschied zwischen *z* und *z z* ist aber hier ein rein willkührlicher. Ich habe *z* gebraucht, wenn die Zuckungen weniger als ¼ bis ½ Minute, und *z z*, wenn sie länger anhielten.

Wir haben z. B. früher gesehen, daß die galvanischen Präparate im Anfange im Augenblicke des Schlusses und der Oeffnung gleich stark zu zucken pflegen, der Strom mag centrifugal oder centripetal gerichtet sein. Sie ruhen dagegen meistentheils während des Geschlossenseins und nach der Oeffnung. Wir haben hierfür nach jener Zeichensprache die Formel:

$$p = c = 1 \text{ bis } 5.\quad 1 \text{ bis } 5.0.0.$$

Der peripherische oder centrifugale Strom erregt später in der Regel eine Schließungs- und keine Oeffnungszuckung, der centrale oder centripetale eine Oeffnungs- und keine Schließungszuckung. Die Formel ist daher für diesen Fall:

$$p = 1 \text{ bis } 5.0.0.0. \text{ und } c = 0.1 \text{ bis } 5.0.0.$$

Gesetzt, wir hätten ein galvanisches Froschpräparat, welches den Schluß und die Oeffnung des centralen, wie des peripherischen Stromes mit der bekannten Zuckungsweise ziemlich lebhaft beantwortete, es zeigten sich überdieß bei centralem Strome Wechselkrämpfe des Wadenmuskels, welche den Fuß nicht hin- und herschleudern, während der ganzen Zeit des Geschlossenseins der Kette anhielten, mit dem Oeffnen der Kette aber sogleich aufhören, und bei dem peripherischen Strome ähnliche Wechselkrämpfe, die aber erst nach dem Oeffnen auftreten und dann nur einige Secunden anhielten, so wäre diese lange und zum Theil verwirrende Beschreibung übersichtlicher gemacht durch die Formeln:

$$c = 3.3.zz1.0. \text{ und } p = 3.3.0.z1.$$

Wir wollen nun zunächst eine Reihe allgemeiner Ergebnisse, welche Frühlingsfrösche, und zwar meist Grasfrösche (R. esculenta), zum Theil aber auch Wetterfrösche

(R. temporaria) betreffen, betrachten. Ich beschränke mich hierbei auf einen Theil der in den oben erwähnten Tabellen verzeichneten Einzelversuche, und zwar vorzugsweise auf die ersten 2800. Die einzelnen Beispiele, die ich anführe, wurden aus diesem Verzeichnisse entnommen. Sie sind mithin gemachte Versuche und nicht bloß zur nähern Erläuterung erfundene Paradigmen. Ich werde übrigens wahrscheinlich jene Tabellen später, wenn ich sie für die verschiedenen Jahreszeiten hinreichend vervollständigt haben werde, aus mehreren Gründen veröffentlichen. Sie enthalten natürlich meist vielfache Einzelbelege für jeden der bald anzuführenden Sätze. Ich zweifele überdies nicht, daß mir manches versteckte Gesetz bei der Masse der einzelnen Thatsachen entgangen ist und daß deshalb noch die nackte Darstellung von diesen von Nutzen sein könnte.

1) Sticht man die Nadel der einen Leitungsschnur in die Gegend, in welcher der Hüftnerv in das Becken tritt und die zweite in die, wo er am Kniee verläuft, in den sonst unverletzten Schenkel eines lebenden Frosches ein und läßt nur mäßige galvanische Ströme durchtreten, so findet man als Regel, daß die Muskeln des Hinterfußes nur bei dem Schlusse und nicht bei der Oeffnung des Stromes zucken, dieser mag peripherisch oder central gerichtet sein. Zeigt sich ausnahmsweise eine Oeffnungswirkung, so ist diese immer beträchtlich schwächer als die den Schluß der Kette begleitende Zusammenziehung. Das Zuckungsgesetz der Hüftnerven des lebenden Thieres unter dem Einflusse mäßiger Ströme ist daher: $p = c = A$ bis $E.0.0.0.$

oder ausnahmsweise $p = c = A$ bis $E.$ A bis $C.0.0.$

So sicher dieser Erfolg unter den oben angegebenen Verhältnissen auftritt, so unverwüstlich zeigt er sich unter den mannigfachsten Nebenverhältnissen. Die Erscheinung blieb im Allgemeinen die gleiche, wenn ich den Frosch auf einer Glasscheibe isolirte oder nicht, von früh bis Abends angebunden und mit eingesteckten Nadeln liegen ließ und ihn von Zeit zu Zeit prüfte, wenn ich das Thier indeß enthauptet, das Rückenmark einige Zeit früher zerstört, das Hüftgeflecht durchschnitten oder dasselbe mit der Pincette mehrere Male zusammengedrückt, wenn ich heftige Starrkrämpfe mit Hilfe des Magnetelektromotors in der Zwischenzeit angeregt, wenn ich den Frosch vor oder während der Prüfungsperiode mit Aether oder Chloroform betäubt oder mit Strychnin vergiftet, wenn ich endlich den Nerven eine Zeit lang einem anhaltenden schwachen centralen oder peripherischen Strome ausgesetzt hatte.

Wir stoßen hierbei auf einen Satz, dem wir in der Folge noch häufig begegnen werden. Die Schließungszuckung und der Mangel oder die Verkleinerung der Oeffnungszuckung kehrten in allen Stadien des Umfanges der Empfänglichkeit und bis zu den letzten Spuren derselben wieder. Sinkt jener, so nimmt die Stärke der Verkürzungen ab. Sie werden zunächst immer schwächer. Die Wadenmuskeln antworten zuletzt gar nicht. Beide Stromesrichtungen geben aber noch leise Zuckungen am Oberschenkel. Mit einem Worte, die Art des Erfolges ist von der Quantität desselben im hohen Grade unabhängig.

Ich habe enthauptete Frösche aufgebunden und mit den eingestochenen Nadeln sehr oft untersucht, bis sie den galvanischen Strom nicht mehr veränderten. Ich ließ einen Frosch der Art in einem Wasserdampfapparate über Nacht liegen. Die Größe des Ausschlages sank immer mehr. Allein das oben erwähnte Gesetz machte sich vom ersten bis zum letzten Versuche geltend. Das Gleiche zeigten Beobachtungen, die ich mit Aether und Chloroform anstellte. Ich prüfte zuerst die Frösche im regelrechten Zustande, steckte dann den Kopf durch einen passenden Einschnitt eines Blasenstückes, das über den unteren Ausgang eines gläsernen Trichters ausgespannt und angetrocknet war, brachte durch die obere Mündung ein mit Aether und Chloroform durchtränktes Schwämmchen und verschloß diese mit einem Korkzapfen. Es nahm auch hier nur die Quantität, nicht aber die Art des Erfolges ab.

Es ist mir mehrere Male vorgekommen, daß ich die Schenkelschlagader bei dem Einstechen der einen Leitungsnadel in der Nähe des Kniees verletzte und so eine nicht unbedeutende Blutung veranlaßte. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven wurde durch diesen Nebenfall nicht gestört.

Ich hatte den Hüftnerven eines grünen Grasfrosches dicht an seinem Austritte aus dem Becken durchschnitten. Das Thier wurde dann ohne Wasser aufbewahrt, damit nicht der Nerv durch das Eindringen der Flüssigkeit Schaden leide. Dieser Umstand tödtete den Frosch 6 Tage nach der Operation. Ich untersuchte die Verhältnisse

an jedem der dazwischen liegenden fünf Tage. Das Zuckungsgesetz bewährte sich auch hier in allen Prüfungen wenigstens insofern, als hier immer die Schließungszusammenziehung beträchtlich stärker ausfiel als die Oeffnungszuckung.

Ein Theil der Frösche, die zu diesen Beobachtungen dienten, war im Herbste eingefangen und den Winter über in einem künstlichen Teiche aufbewahrt, ein anderer Ende März oder Anfangs April frisch ausgegraben und einen oder wenige Tage darauf geprüft worden. Einige hatten sich vorher in Wasser, andere in befeuchtetem Moose aufgehalten. Manche hatten die Begattung noch nicht ausgeübt. Andere umarmten die Weibchen unmittelbar, ehe ich sie untersuchte. Noch andere hatten vorher ihre Eier gelegt. Das Zuckungsgesetz kehrte trotz dieser verschiedenen Nebenverhältnisse immer wieder.

2) Der mit Nadeln angestochene Hüftnerv eines lebenden Frosches, der den Einfluß eines sehr schwachen Stromes Stunden lang nach dem oben erwähnten Zuckungsgesetze beantwortet hat, liefert sogleich doppelte Wirkungen, d. h. Schließungs- und Oeffnungszuckungen bei jeder beliebigen Stromesrichtung, wenn man die starken Ströme einer aus einer Reihe von Bunsen'schen Ketten bestehenden Batterie, die mit verdünnter Schwefelsäure statt des Salzwassers geladen ist, anwendet und sie durch eine größere Strecke des Nerven strömen läßt. Sehr kräftige Inductionsströme des Magnetelektromotors führen zu dem gleichen Ergebnisse.

Wir begegnen hier einer Erscheinung, die auch für die galvanischen Froschpräparate wiederkehrt. Die beiden Bedingungsglieder der kraftvolleren Wirkung der Elektricität, nämlich stärkere Ströme oder richtiger steilere Abgleitungscurven für dieselbe Zeiteinheit und eine größere Länge der Durchströmungsstelle der Nerven verhüllen den ursprünglichen Stimmungscharakter des letzteren, indem sie doppelte Wirkungen hervorrufen. Es liegt hierin der Hauptgrund, daß man das oben erwähnte Zuckungsgesetz der lebenden Nerven bisher nicht scharf hervorhob. Der unzweckmäßige Gebrauch starker Ketten und langer Nervenstrecken hat ähnliche Uebelstände für das Studium der galvanischen Froschpräparate herbeigeführt.

Ueberschreitet die elektrolytische Wirkung kraftvollerer Batterien eine gewisse Größe, so zeigt sich, daß anhaltende Wechselkrämpfe während der Dauer des Geschlossenseins auftreten. Diese beschränken sich bei mäßigen Wirkungsgraden auf die Muskeln des Oberschenkels. Es zittern dann bisweilen nur einzelne Gruppen, die dem Einflusse wahrscheinlich vorzugsweise ausgesetzt sind. Bezeichnen wir z. B. die an der Innenseite gelegenen Oberschenkelmuskeln mit *i*, so zeigte ein Frosch, der der oben erwähnten Batterie der drei mit Schwefelsäure geladenen Ketten für 5 Mm. Länge des Hüftnerven unterworfen war:

$$p = B \text{ bis } C\,.\,A\,.\,zzbi\,.\,0 \text{ und } c = C\,.\,C\,.\,zzbi\,.\,0.$$

Hatte ich dagegen Tags vorher den gleichen Hüftnerven und zwar für 28 Mm. Durchströmungslänge, aber nur mit einer der drei, eben so stark mit Schwefelsäure geladenen Ketten geprüft, so erhielt ich

$$p = c = D\,.\,0\,.\,0\,.\,0.$$

Dieses, dem Zuckungsgesetze der Nerven des lebenden Thieres entsprechende Ergebniß hielt den ganzen Nachmittag unter den verschiedensten Verhältnissen an. Die angewandte einfache Kette war wenigstens so stark, daß sich immer Gasblasen an der Einstichsstelle der Nadel, welche dem negativen Pole entsprach, binnen Kurzem entwickelten, wenn die Kette eine Zeit lang central oder peripherisch geschlossen erhalten wurde. Es zeigten sich dessenungeachtet keine Wechselkrämpfe, wie bei der kräftigeren Batterie. Wir sehen hieraus, daß sie eine gewisse, nicht unbedeutende Größe der elektrolytischen Wirkung voraussetzten. Eben so bemerkte ich in anderen Fällen, daß die Wechselkrämpfe im Anfange fehlten, und je länger der Versuch dauerte, um so sicherer hervortraten.

Verstärkt man die Kette oder die Batterie, mit welcher man arbeitet, so sieht man zwar häufig, daß sich die Kraft, mit der sich die Muskeln bei dem Schlusse oder der Oeffnung verkürzen, vergrößert. Man findet aber auch oft genug, daß dieses nicht der Fall ist. Man erhält nicht selten ungefähr die gleichen Ausschläge, die einfache Kette mag mit gesättigter Kochsalzlösung nur wenige Millimeter oder mehrere Centimeter, oder mit verdünnter Schwefelsäure bis zur zuletzt genannten Höhe geladen sein. Wiederholt man den gleichen Versuch mit derselben Säule, so stößt man auf ähnliche

Verschiedenheiten. Der erste Versuch kann z. B. $c = D.0.0.0$, der zweite $c = B.0.0.0$ und der dritte wieder $c = D.0.0.0$ geben, obgleich alle drei im Laufe von wenigen Secunden angestellt worden, zum Beweise, daß hier noch andere Bedingungsglieder, als die Erschöpfung der Nervenkraft und der Leitungswiderstand der Kettenglieder einwirken.

Diese Thatsache spricht in hohem Grade für die Annahme von du Bois, daß der physiologische Erfolg nicht sowohl von der absoluten Quantität, als von der Schnelligkeit, mit der sich eine gewisse gegebene Elektricitätsmenge ausgleicht, abhängt. Eine und dieselbe beständige Säule liefert daher sehr verschiedene Verkürzungsgrade, je nachdem der Wechsel, das Ansteigen der von 0 bis zur gegebenen größten Elektricitätsmenge bei dem Eintritte und das Umgekehrte bei dem Austritte des Stromes, schneller vor sich geht oder nicht.

3) Man kann die Stimmung des lebenden Nerven für einige Augenblicke durch gewisse Nebenverhältnisse so verändern, daß dadurch das Zuckungsgesetz in die Norm der doppelten Wirkung selbst für schwächere Ströme übergeht. Dieses dauert aber nur kurze Zeit und der Nerv findet oft schon in ein paar Secunden sein früheres Gleichgewicht wieder, so daß sich das unter Nr. 1 genannte Zuckungsgesetz von Neuem geltend macht.

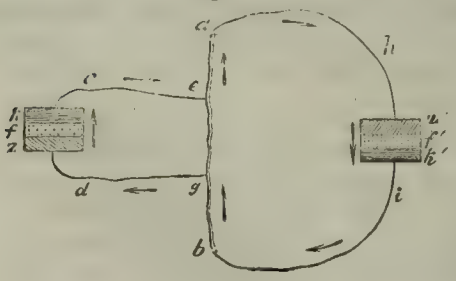
Es kommt in abgematteten Fröschen, in solchen, die sich bei dem Anbinden heftig gewehrt haben, in anderen, in denen die Muskeln des Oberschenkels durch die Einstichsnadeln zu sehr gezerrt worden waren, vor, daß man ausnahmsweise z. B. im Anfange $p = C.a.0.0.c = D.0.zza.0.$ findet, später dagegen $p = C.0.0.0.c = D.0.0.0.$ erhält. Setzt man aber die Frösche einer tief eingreifenden Verletzung aus, enthauptet man sie, zerstört ihr Rückenmark, enthäutet rasch den Oberschenkel und prüft den Hüftnerven unmittelbar darauf, so bemerkt man nicht selten, daß eine doppelte Wirkung statt des Zuckungsgesetzes zum Vorschein kommt. Dieser veränderte Zustand dauert häufig eine Reihe von Minuten. Allein oft genug reichen schon wenige Secunden hin, damit der Nerv seine frühere Stimmung wieder gewinnt. Man bemerkt daher auch in vielen Fällen gar keinen Wechsel derselben, wenn man sich mit der Prüfung noch so sehr beeilt.

Es ereignet sich in anderen Fällen, daß man in den ersten Versuchen z. B. c oder $p = C.C.0.0$ und später c oder $p = C.0.0.0.$ erhält. Man bemerkt aber auch in noch anderen Fällen, in denen die veränderte Stimmung sehr lange anhält, daß sie sich im Laufe der Zeit gleichsam verschlechtert. Man erhält z. B. zuerst $C.A.0.0.$ und später $C.C.0.0.$ für p oder c.

4) Ich stach die eine Leitungsnadel in den Hüftnerven eines lebenden Frosches dicht an dem Beckenaustritte desselben und die zweite nahe an dem Kniegelenke ein. Wir wollen diese beiden Nadeln mit m bezeichnen. Zwei andere Nadeln n kamen in die Mitte des Oberschenkeltheiles des Hüftnerven. Schloß ich nun m anhaltend mit einer Kette a, während ich n abwechselnd mit einer zweiten Kette b verband und trennte, so zeigten sich Zuckungen bei dem Schlusse von b oder bei diesem und der Oeffnung. Die Muskeln ruhten dagegen meistentheils in den Zwischenzeiten. Dieser Versuch lehrt unmittelbar, daß nicht bloß das rasche Abgleiten der Elektricität von o bis h oder von h bis o, sondern auch die plötzliche Veränderung von h auf $h + a$ oder von h auf $h - a$ Zuckungen veranlaßt.

Was die Einflüsse der Stromesrichtungen betrifft, so müssen wir die Antworten des Galvanometers mit denen der Muskeln vergleichen. ab Fig. 364 sei die größere Nervenstrecke (m), welche von der Kette $z\,f\,k$ allein von a nach b durchströmt wird. eg sei die kleinere eingeschlossene Nervenstrecke (n), die in entgegengesetzter Richtung von g nach e durchflossen würde, wenn $z'f'k'$ allein thätig wäre. Schalten wir nun ein Galvanometer in $c\,e$ ein, so weicht die Nadel, sobald $z\,f\,k$ allein geschlossen ist, um eine Reihe von Graden ab. Man sollte nun auf den ersten Blick glauben, daß sich diese Ablenkung verkleinern würde, wenn man jetzt die entgegengesetzte Kette $z'f'k'$ schließt. Die Ablenkung nimmt

Fig. 364.



aber im Gegentheil zu. Schließt man umgekehrt $z'f'k'$ so, daß auch von ihr allein eg in der Richtung von e nach g durchflossen würde, daß also beide Ströme gleichläufig sind, so erhöht sich die Ablenkung nicht. Sie vermindert sich vielmehr.

Die Sache erklärt sich einfach aus den Wegen der Ströme. Sind nämlich die beiden Stromesrichtungen entgegengesetzt combinirt, so kommen gar nicht zwei Ströme zu Stande, sondern ein Strom schlägt durch beide Ketten auf kürzestem Wege durch. Gesetzt zfk Fig. 364 wäre peripherisch und $z'f'k'$ central geschlossen, so geht dieser eine Strom den Weg zfk, ce, ea, ah, $z'f'k'$, ib, bg, gd, zfk, d. h. beide Ketten sind passend verbunden, sie unterstützen sich vermöge der Vergrößerung der Oberflächen der Elektromotoren, und es wird überdies das Stück eg des Nerven, das einen größeren Leitungswiderstand darbietet, von dem Hauptstrome umgangen. Daher die Vergrößerung der Ablenkung der Magnetnadel. Haben wir umgekehrt beide Ströme gleichläufig für eg verbunden, so sind beide Ketten unpassend vereinigt. Die eine schwächt die andere durch Nebenschließung und kein Theil der Nerven wird jetzt umgangen. Daher die Verminderung der Ablenkung. Daher auch ein feuchter Baumwollendocht dieselben Grunderscheinungen am Galvanometer liefert, wie der lebende Nerve.

Stimmten die physiologischen Antworten der Muskeln mit denen des Galvanometers überein, so müßte man erwarten, daß die gleichläufigen Ströme die Zuckungen verkleinern und die entgegengesetzten sie erhöhen würden. Die Erfahrung lehrt gerade das Gegentheil.

Läßt man nämlich einen anhaltenden Strom längere Zeit durch das größere Nervenstück des lebenden Frosches durchgehen, während man das kleinere dazwischen liegende mit einer zweiten Kette von Zeit zu Zeit prüft, so findet man, daß die Zusammenziehungen früher oder später für beide Stromesrichtungen abnehmen, daß sie aber für den entgegengesetzten Strom stärker fallen, als für den gleichartigen.

Ich machte z. B. $m = 28$ und $n = 4$ Mm. m allein gab mit der Kette a den Werth $p = c = D.0.0.0.$ und n mit b den Werth $p = c = B.0.0.0.$ Ließ ich nun m von a in peripherischer Richtung anhaltend durchflossen werden, und schloß indeß n abwechselnd central und peripherisch, so zeigte sich im Anfange $p = C.0.0.0.$ und $c = B.0.0.0.$, und später in oft wiederholten Versuchen $p = B$ bis $A.0.0.0.$ und $c = a$ bis $d.0.0.0.$

Wir werden später sehen, daß ein anhaltender galvanischer Strom die Molecüle des Nerven in seiner Richtung zu verändern sucht. Dieser Wechsel erfolgt aber nicht so plötzlich, daß dadurch Zuckungen bedingt würden. Die Elasticität der Nervenmolecüle strebt der Verrückung entgegen. Ein vollkommen elastischer Riemen, den wir z. B. durch 100 Grm. bis zu einem gewissen Grade ausgedehnt haben, verlängert sich durch neue 10 Grm. weniger, als er sich verkürzt, wenn wir das Zuggewicht auf 90 Grm. zurückführen.

Wenn das Nervenstück ab von einem anhaltenden peripherischen Strome h durchflossen wird, so erzeugt der ungleichläufige Schluß von eg den Werth $h + p$, d. h. er erhöht gleichsam das durch den ersten Strom gegebene Zuggewicht, dem die Elasticität der Nervenmolecüle entgegenstrebt. Sind beide Ströme gleichläufig, so haben wir $h - a$. Es wird daher auch der Ausschlag, d. h. die Zuckung für den entgegengesetzten erhöhenden Strom $h + a$ kleiner, als für den gleichartigen, erleichternden $h - a$ ausfallen. Der Einfluß, den der ursprüngliche anhaltende peripherische Strom ausübt, wächst mit der Zeit. Es sinkt nach und nach die Gegenwirkung der Elasticität, während die gezwungene Stellung der Nervenmolecüle überhand nimmt. Es greift daher auch die Veränderung von h auf $h + a$ oder $h - a$ absolut weniger durch. Daher die Empfänglichkeit mit der Zeit überhaupt abnimmt.

Wenn ein peripherischer Strom durch einen Nerven unausgesetzt fließt, so sucht er die Molecüle desselben in seinem Sinne zu verändern. Dieses hält oft noch eine Zeit, nachdem er eingewirkt hat, an. Lassen wir nun einen centralen Strom unmittelbar darauf anhaltend durchgehen, so sucht dieser die peripherisch veränderten Nervenmolecüle in seinem Sinne zu bearbeiten. Wir werden dieses in der Folge mit dem Namen der Verwirrung der Molecularverhältnisse bezeichnen. Sie erzeugt oft Zuckungen in Augenblicken, in denen sie sonst nicht zu Stande kommen. Dieses bestätigte sich häufig in der oben angeführten Versuchsweise.

Ich hatte z. B. die für $m = 28$ Mm. bestimmte Kette 15 Minuten lang periphe-

risch geschlossen erhalten. $n = 4$ Mm. mit b verbunden gab zuletzt $p = B.0.0.0.$ $c = ai.0.0.0.$ Nun öffnete ich m und schloß sogleich central. n gab eine Minute später $p = B.2.0.0.$ $c = C.0.0.0.$ und 1½ Minuten darauf wieder $p = B.0.0.0.$ $c = C.0.0.0.$

5) Wir haben unter Nr. 3 gesehen, daß stärkere Ströme doppelte und schwächere einfache Wirkungen unter sonst gleichen Verhältnissen hervorrufen. Man stößt häufig auf Mittelfälle, in denen die eine Stromesrichtung derselben Kette zweifache und die andere einfache Erfolge nach sich zieht. Man hat z. B. $p = B.0.0.0.$ und $c = B.B.0.0.$ Man kann diese Erscheinung künstlich hervorrufen, wenn man die Stimmung des Nerven auf eine später zu erwähnende Weise planmäßig verändert hat.

6) Hat man sich an einem irgend kräftigen enthaupteten Frosche von der Richtigkeit des unter Nr. 1 angeführten Zuckungsgesetzes überzeugt, verfertigt dann unmittelbar darauf ein galvanisches Präparat aus einem der beiden Schenkel und bringt es in das Glas s Fig. 361, so daß eine Nervenlänge von ungefähr 1½ bis 2½ Centimeter von der Elektricität durchströmt wird, so findet man fast immer im Frühjahre, daß doppelte gleiche Wirkungen bei jeder der beiden entgegengesetzten Stromesrichtungen zum Vorschein kommen. Man hat:

$$p = c = 2 \text{ bis } 5.\ 2 \text{ bis } 5.0.0.$$

Man kann von vorn herein schließen, daß die Nebenverletzungen, welche die Herstellung des galvanischen Präparates begleiten, den Umschlag der Stimmung bedingen. Ich prüfte daher die Thätigkeit der Nerven in mehreren Fröschen jedes Mal, nachdem ich einen der hiezu nöthigen Eingriffe eingeleitet hatte, z. B. nach der Enthäutung, nach der Isolirung des Oberschenkeltheiles des Hüftnerven, nach der Durchschneidung der übrigen Gebilde des Oberschenkels u. s. f. Es ergab sich hierbei, daß die doppelte Wirkung schon hervortreten kann, wenn man den Schenkel rasch enthäutet oder die Oberschenkeltheile, mit Ausnahme des Hüftnerven, mit einem starken Rucke durchschnitten hat. Die Hauptsache liegt aber in den Zerrungen, denen der Nerv beim Anfassen und der übrigen Vorbereitung unterworfen wird. Die einseitige Wirkung kann in günstigen Fällen bis zu dem Augenblicke erhalten werden, wo der Nerv, mit der Pincette gefaßt, durchschnitten und an die Dräthe angelegt oder um sie herumgewickelt wird. Hat aber hierbei der Schenkel mehrere Male gezuckt, was selbst bei dem Gebrauche von Isolationspincetten mit Glas- oder Elfenbeinspitzen häufig vorkommt, so findet man fast immer, daß von nun an die doppelten gleichen Wirkungen beginnen. Wir haben also hier im Wesentlichen ähnliche Gründe für den Umschlag, wie in dem lebenden Frosche, nur mit dem Unterschiede, daß in diesem die doppelte Wirkung schneller aufzuhören pflegt und daß das Zuckungsgesetz von Neuem auftritt. Das galvanische Präparat dagegen bewahrt im Allgemeinen seine doppelte Wirkung länger. Seine Stimmung wechselt später auf andere Art, als im lebenden Körper. Es sind nämlich dann

7) zwei Fälle möglich. Das Froschpräparat zuckt auf die schon früher angeführte Weise, d. h. nur bei dem Schlusse des peripherischen und nur bei der Oeffnung des centralen Stromes. Da hier die elektrische Stromesrichtung mit der Richtung der angenommenen Nervenströmung bei dem Schlusse in peripherischer Bahn zusammenfällt, so wollen wir diese Art des Erfolges die *gleichartige einseitige Zuckung des Froschpräparates* nennen. Ihr Ausdruck ist also:

$$p = 1 \text{ bis } 5.0.0.0. \text{ und } c = 0.1 \text{ bis } 5.0.0.$$

Es zeigt sich aber auch in anderen Fällen das Umgekehrte, d. h. daß der peripherische Strom nur eine Oeffnungszuckung, der centrale dagegen nur eine Schließungszuckung giebt. Diese *ungleichartige einseitige Wirkung* ist daher:

$$p = 0.1 \text{ bis } 5.0.0. \text{ und } c = 1 \text{ bis } 5.0.0.0.$$

Man sieht zugleich, daß ein wesentlicher Umschlag des Erfolges im Vergleich zu den Nerven des lebenden Thieres zu Stande kommt. Dieser antwortet zwar ebenfalls einseitig. Er erwiedert aber beide Stromesrichtungen nur mit Schließungszuckungen ($p = c = A$ bis $E.0.0.0.$). Liefert das galvanische Froschpräparat einseitige Wirkungen, so unterscheidet er zwischen den zwei Stromesrichtungen auf die eben erwähnte Weise.

8) Man bemerkt in vielen Fällen doppelte Wirkungen, in denen die Größe der einen Zuckung die der anderen übertrifft, oder deutliche Uebergänge zu einseitigen Erfolgen. Der Nerv des lebenden oder des enthaupteten Frosches wendet sich dann in der

Regel dem Zuckungsgesetze und das galvanische Froschpräparat der einseitigen Thätigkeit, in die es später immer verfällt, zu.

Der rechte Hüftnerv eines lebenden Frosches gab z. B. ½ Minute nach der Durchschneidung des Hüftgeflechtes $p = D.D.0.0.$ und $c = D.B.0.0.$ 3½ Minuten später fand sich $p = c = D.A.0.0.$ und 35 Minuten darauf $p = D.A.0.0.$ und $c = D\ 0.0.0.$

Der rechte Unterschenkel eines Frosches, der unmittelbar nach der Enthauptung und der Zerstörung des Rückenmarkes als galvanisches Präparat hergestellt wurde, zeigte z. B. $p = 4$ bis $5.3.0.0.$ und $c = 1.3.0.0.$ für 18 Mm. Durchströmungslänge des Nerven. Diese Fälle finden sich sehr häufig, ehe die einseitige Wirkung entschieden hervortritt.

9) Prüft man die Uebergangsfälle genauer, so findet man oft, daß sich in ihnen der peripherische Strom in anderer Weise, als der centrale geltend macht. Dieses kann nicht bloß in dem galvanischen Präparate, sondern auch in dem Nerven des lebenden Thieres auftreten.

Hatte ich z. B. den Frosch mit Zurücklassung des Unterkiefers enthauptet, so gab der linke unmittelbar vorher enthäutete Schenkel für 16 Mm. Durchströmungslänge des Nerven $p = C.a.zzA.zzA.$ und $c = D.A.zzA.0.$ Der rechte Schenkel eines anderen Frosches lieferte in einem Falle von vorn herein $p = d.0.0.0.$ und $c = d.2.0.0.$ für 17½ Mm. Durchströmungslänge des Nerven. Der linke Schenkel zeigte dagegen dem Zuckungsgesetze entsprechend $p = D.0.0.0.$ und $c = D$ bis $E.0.0.0.$

Ein galvanisches Froschpräparat z. B., das unmittelbar nach der Enthirnung des Thieres bereitet worden ist, gab schon bei dem ersten Versuche für 1 bis 1½ Centimeter Durchströmungslänge $p = 3.0.0.0.$ und $c = 3.3.0.0.$ und ein anderes umgekehrt $p = 3$ bis 4.3 bis $4.0.0.$ und $c = 2.3.0.0.$

10) Verfertigt man sich ein galvanisches Präparat aus dem einen Schenkel eines kurz vorher getödteten Frosches und ein zweites eine Reihe von Stunden später aus dem anderen Schenkel und gebraucht ungefähr die gleichen mäßigen Ströme und dieselben längeren Nervenstrecken in beiden Fällen, so findet man als Regel, daß das erste Präparat im Anfange doppelte und später einseitige, das zweite dagegen von vorn herein einseitige Wirkungen giebt. Das Absterben des Nerven und die hierdurch bedingte Abnahme der Empfänglichkeit drängt also die doppelten Wirkungen unter sonst gleichen Verhältnissen in den Hintergrund.

Wurde z. B. der rechte Unterschenkel eines Frosches 4½ Minuten nach der Enthauptung als galvanisches Präparat geprüft, so zeigte sich $p = c = 3.3.0.0.$ Die gleichartige einseitige Wirkung und zwar $p = 2$ bis $3.\alpha.0.0.$ und $c = 0.2.0.0.$ kam erst eine halbe Stunde später nach manchen Zwischenversuchen zum Vorschein. Prüfte ich den linken, indeß am Rumpfe verbliebenen Schenkel mit den Leitungsnadeln für 18 Mm. Nervenlänge 4 Stunden nach der Enthauptung, so machte sich noch das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven in reinster Form geltend. Ich erhielt $p = c = B.0.0.0.$ Verfertigte ich dann aus ihm ein galvanisches Präparat und untersuchte es unmittelbar darauf, so erhielt ich sogleich als erste Antwort $p = 1$ bis $2.0.0.0.$ und $c = 0.2.0.0.$

Dieses Beispiel lehrt zugleich, daß die Nebenverletzungen, welche die Herstellung des galvanischen Präparates begleiten, das lebende Zuckungsgesetz in doppelte Wirkungen bei einem gewissen hohen Grade und in einseitige bei hinreichend niederen Stufen der Empfänglichkeit umschlagen lassen.

11) Die doppelten Wirkungen gehören überhaupt zu den quantitativen Erfolgen, welche von der Artstimmung der Thätigkeit des Nerven bis zu einem gewissen Grade unabhängig sind. Es schlägt daher das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven $p = c = A$ bis $E.0.0.0.$ in die doppelte Wirkung $p = c = A$ bis $E.A$ bis $E.0.0.$ um, sowie eine verhältnißmäßig beträchtliche Elektricitätsmenge in einer längeren Strecke eines kräftigen Nerven abgleitet. Verfertigen wir uns ein galvanisches Präparat zu der Zeit, in welcher noch die Empfänglichkeit eine beträchtliche Höhe behauptet, so erhalten wir doppelte Wirkungen unter verhältnißmäßig schwächeren Einflüssen. Hat dagegen die Empfänglichkeit mehr verloren, so liefern diese nur einseitige Erfolge.

Lassen wir die Zeit, während welcher der Nerv abstirbt und quantitativ an Empfänglichkeit verliert, bei Seite, so stehen uns zwei andere Mittel, die auch nur zunächst

quantitativ wirken, zu Gebote, um die doppelten Wirkungen hervorzurufen oder zu beseitigen, nämlich die Veränderung der abgleitenden Elektricitätsmenge und der Länge der Durchströmungsstrecke des Nerven. Ein Froschschenkel, der immer nur einseitig auf den Einfluß einer einfachen Kette antwortet, erwiedert starke Inductionsströme, die in größeren Zwischenzeiten durchgehen (S. 624) mit Schließungs- und Oeffnungszuckungen. Giebt ein Präparat doppelte Wirkungen, so können wir leicht einfache erzielen, wenn wir zu immer schwächeren Elektricitätsmengen oder zu immer kürzeren Durchströmungsstrecken der Nerven übergehen. Ein frisches galvanisches Präparat, das mäßige Ströme bei 23 Mm. Länge des Nerven mit $p = c = 2$ bis 3.2 bis 3.0.0. beantwortet, zeigt z. B. $p = \alpha$ kaum $\alpha.0.0$ oder $c = \alpha.\beta.0.0.$ oder selbst $p =$ kaum $\alpha.0.0.0$ und $c = 0.\alpha.0.0.$ für 5 Mm. Länge und umgekehrt.

Handelt es sich um die Erforschung der Artstimmung des Nerven, so bilden alle Bedingungsglieder, welche die doppelte Wirkung hervorrufen, bloße Hindernisse der Erkenntniß. Sie verhüllen, wie wir früher sahen, die Wahrnehmung des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven. Sie verrathen nicht deutlich, ob das galvanische Froschpräparat in einseitiger Weise gleichartig oder ungleichartig antwortet. Da aber die wichtigsten, die Molecularverhältnisse der Nerven betreffenden Aufschlüsse nicht in der Größe, sondern in der Art des Erfolges liegen, so muß es als Regel gelten, entweder Nerven mit gesunkener Empfänglichkeit oder sehr kurze Bahnstrecken kräftiger Nerven mit schwachen galvanischen Strömen zunächst zu untersuchen.

12) Betrachten wir zuerst die gewöhnliche Prüfungsweise, in welcher eine größere Länge des Nerven von einem mäßigen Strome durchflossen wird, so wurde schon unter Nr. 7 bemerkt, daß die einseitige Wirkung, die der doppelten nach kürzerer oder längerer Zeit nachfolgt, gleichartig oder ungleichartig sein kann. Man stellt es gewöhnlich nach Pfaff's Vorgange [1]) mit Recht als Norm auf, daß eine gleichartige einseitige Wirkung die doppelte ablöst. Man hat also zuerst $p = c = 1$ bis 5. 1 bis 5. 0.0. und später $p = 1$ bis 5.0.0.0. und $c = 0.$ 1 bis 5.0.0. Die elektrischen Werkzeuge der Zitterrochen bieten ähnliche Verhältnisse nach Matteucci [2]) dar.

Du Bois [3]) warf in Hinblick auf Ritter's Erfahrungen die Frage auf, ob sich die Sache nicht anders verhalte, wenn man das galvanische Froschpräparat in dem Augenblicke der höchsten Empfänglichkeit prüft, ob man dann nicht eine Antwort erhält, welche der des wahren Lebens des Nerven vollkommener entspricht. Es sollten dann zuerst ungleichartige einseitige Wirkungen der doppelten Wirkung vorangehen. Man hätte also im Anfange $p = 0.$ 1 bis 5.0.0. und $c = 1$ bis 5.0.0.0 und erst später $p = c = 1$ bis 5. 1 bis 5.0.0.

Wir werden in der Folge sehen, daß man die Artstimmung des galvanischen Froschpräparates durch gewisse künstliche Nebenverhältnisse für einige Zeit verändern kann. Sie kehrt aber dann später zu ihrer gegebenen Grundstimmung wieder zurück. Lassen wir diese Verhältnisse bei Seite und berücksichtigen nur die Grundstimmung, so ergeben sich folgende Werthe auf statistischem Wege.

Fasse ich die hierher gehörenden Erfahrungen, welche ich von dem 29. März bis zum 30. Mai machte und in denen die durchströmte Nervenlänge 1 bis 2½ Centimeter betrug, zusammen, so ergiebt sich, daß ich im Ganzen 36 galvanische Froschpräparate, die von 22 Fröschen herrührten, auf jene Frage durchgeprüft habe. Ich habe fast alle anhaltend und viele bis zu den letzten Spuren der Empfänglichkeit und daher noch am zweiten Tage nach dem Tode eine Reihe von Malen untersucht.

a) Es ist mir hierbei kein einziger Fall vorgekommen, in welchem eine ungleichartige einseitige Wirkung der doppelten voranging und ihr eine gleichartige einseitige nachfolgte. Das Schema $p = 0.$ 1 bis 5.0.0. $c = 1$ bis 5.0.0.0., dann $p = c = 1$ bis 5. 1 bis 5.0.0. und endlich $p = 1$ bis 5.0.0.0. und $c = 0.$ 1 bis 5.0.0. war nie vorhanden.

b) 33 Froschschenkel, die 21 Fröschen angehörten, lieferten die von den Meisten als Regel mit Recht angenommene Norm, d. h. die schwache Kette, welche auf eine größere Nervenstrecke des Hüftnerven wirkte, gab zuerst doppelte und später einseitige gleichartige

[1]) Du Bois, a. a. O. S. 310.
[2]) C. Matteucci, Lecons sur les phénomènes physiques des corps vivants. Paris 1847. 12. p. 199.
[3]) Du Bois, a. a. O. S. 403.

Erfolge, also als Schema für den Anfang $p = c = 1$ bis 5. 1 bis 5.0.0. und später $p = 1$ bis 5.0.0.0 und $c = 0$. 1 bis 5.0.0. Unter diesen Fröschen befanden sich Thiere aller der schon S. 635 erwähnten Kategorien, frisch ausgegrabene und seit dem Herbst gefangen gehaltene, lebhafte und gut genährte, träge und abgemagerte, solche, die in die Brunst traten und andere, die sich eben begatteten oder Eier gelegt hatten.

c) Der rechte Schenkel eines lebhaften vor drei Tagen eingefangenen Frosches von 7 Centimeter Länge von der Mundspitze bis zum After, dessen beide Schenkel vorher längere Zeit mit den Leitungsnadeln geprüft worden, gab bei dem ersten Versuche, den ich mit dem galvanischen Präparate anstellte, $p = 0.3$ bis 2.0.0. und $c = 2.0.0.0$. Er wurde dann später zur Untersuchung des Einflusses des anhaltenden Schlusses der Kette benutzt. Das galvanische Präparat war erst $4\frac{1}{2}$ Stunden nach der Durchschneidung und $4\frac{1}{4}$ Stunden nach der Zermalmung des Rückenmarkes angefertigt worden. Es befand sich also nicht mehr auf der günstigsten Stufe der Empfänglichkeit. Die geringere Energie des Erfolges bestättigte auch dieses. Denn wir hätten dann $p = 0.4$ bis 5.0 0. und $c = 4$ bis 5.0.0.0. haben müssen. Der andere Schenkel wurde hier nicht geprüft.

Der rechte Schenkel eines den Winter über aufbewahrten Frosches lieferte $p = 3.1.0.0.$ und $c = 0.3.0.0.$, mithin das Gewöhnliche bei dem ersten Versuche. Das galvanische Präparat war hier unmittelbar nach der Enthauptung angefertigt worden. Stellte ich dagegen ein zweites galvanisches Präparat aus dem linken Schenkel und zwar $6\frac{1}{4}$ Stunden nach der Enthauptung her, so lieferten die ersten Versuche $p = 0.2.0.0$ und $c = 0.0.0.0.$, mithin die einseitige ungleichartige Wirkung für den peripherischen und gar keine für den centralen Strom. Der Einfluß des centralen Stromes konnte aber, wie wir sehen werden, durch künstliche Nebenbedingungen wiederum geweckt werden.

Es ist mir endlich zwei Mal in Frühlingsfröschen vorgekommen, daß galvanische Präparate, die ich zu den mannigfachsten Versuchen über den Einfluß anhaltender Ströme am ersten Tage gebraucht und dann in dem Wasserdampfapparate über Nacht oder sonst für längere Zeit aufbewahrt hatte, eine wesentlich veränderte Grundstimmung verriethen. Sie hatten zuerst, wie gewöhnlich, gleichartig geantwortet, zeigten dagegen eine ungleichartige Stimmung nach längerer Ruhepause. Aehnliche Erscheinungen, die verschiedene Strecken desselben Hüftnerven in einzelnen Sommerfröschen darboten, sollen uns in der Folge beschäftigen.

Fassen wir Alles zusammen, so trat die einseitige ungleichartige Wirkung in den Fällen, in denen ich sie in Frühlingsfröschen beobachtete, nicht auf der höchsten Stufe der Empfänglichkeit, sondern umgekehrt während der Abnahme derselben hervor. Der eine Schenkel eines Frosches, der früher geprüft wurde, gab die gewöhnliche einseitige und der zweite Schenkel desselben Thieres, den ich später untersuchte, lieferte in seltenen Ausnahmsfällen die einseitige ungleichartige Wirkung. Man sieht zugleich, daß die beiden Schenkel eines und desselben Thieres, ja sogar das gleiche Präparat zu verschiedenen Zeiten, verschiedene Grundstimmungen darzubieten vermögen.

13) Es ergiebt sich aus dem früher Dargestellten, daß drei in gewisser Hinsicht äquivalente Mittel zu Gebote stehen, um die nichts lehrende doppelte Wirkung zu beseitigen und eine einseitige zu erzielen. a) Wir verfertigen das Präparat erst längere Zeit nach der Enthauptung. b) Wir schwächen die Kette oder setzen vielmehr die in einer Zeiteinheit Statt findende Ableitung der Elektricität herunter. Endlich c) wir lassen den Strom auf eine kürzere Strecke des Nerven wirken. Man kann es auf diesem Wege leicht erreichen, daß das galvanische Froschpräparat nur einseitige Wirkungen schon bei dem ersten Versuche darbietet.

Hat man es auf die gewöhnliche Weise zubereitet, so daß unterdeß der Nerv gezerrt worden und die Muskeln mehrere Male gezuckt haben, so findet man, daß die einseitige Wirkung, die man erhält, der späteren Grundstimmung in der Regel entspricht. Sie ist also in den meisten Fällen gleichartig ($p = 1$ bis 5.0.0.0. und $c = 0.1$ bis 5.0.0.). Wurden hingegen jene Nebenstörungen vermieden, so kann man ein galvanisches Froschpräparat, das noch das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven ($p = c = 1$ bis 5.0.0.0.) die längste Zeit darbietet, bekommen. Es wiederholt sich sogar an ihm die gleiche Norm, die wir S. 636 für den lebenden Nerven kennen gelernt haben, d. h. eine Verletzung

verstimmt den Nerven so, daß doppelte Wirkungen auftreten. Dieser Zustand kehrt aber nach einiger Zeit zu dem früheren zurück, so daß wir die einseitigen Erfolge des lebenden Nerven und nicht die der gewöhnlichen galvanischen Froschpräparate wahrnehmen.

Ein großer lebhafter, aber sehr abgemagerter Frosch z. B., der vor einigen Wochen eingefangen und indeß in nassem Moose ohne Nahrung aufbewahrt worden, wurde zuerst mit den eingestochenen Leitungsnadeln vor und nach der Enthauptung geprüft. Es ergab sich hierbei $p = C$ bis $D.\ ai.\ 0$ bis $zai.\ 0$ und $c = D.0$ bis $a\,i.0$ bis $zzai.\ 0.$, d. h. das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven mit der der Abmagerung des Thieres entsprechenden untergeordneten Abänderung. Der rechte Schenkel lieferte dann nach der Enthäutung $p = C\ .\ 2\ .\ zzai\ .\ 0$ und $c = D\ .\ 0\ .\ zzbi\beta\ .0.$, nach der Isolation des Oberschenkelstückes des Hüftnerven $p = C\ .\ 3\ .\ zzai\ .\ 0.$ und $c = D\ .\ 1\ .\ zzci\ .\ 0.$, und nach der Entfernung aller Oberschenkelgebilde mit Ausnahme des Hüftnerven $p = c = 4\ .\ 4\ .\ 0\ .\ 0.$ für 25 Mm. Nervenlänge. Schob ich dagegen eine Glasplatte unter, auf der zwei dünne Dräthe befestigt waren, welche den Nerven nur in einer Strecke von 2 Mm. durchströmten, so erhielt ich $p = c = 4.0.0.0.$, d.h. das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven. Schnitt ich endlich den Hüftnerven rasch durch, so gab der erste Versuch, der an diesem isolirten, aber vor den gewöhnlichen Nebenstörungen zum Theil bewahrten galvanischen Präparate unmittelbar darauf angestellt wurde, $p = 4.0.0.0.$ $c = 4.2.0.0.$ Eine halbe Minute später erhielt ich aber schon wieder $p = c = 4.0.0.0.$ Diese Grundstimmung des lebendigen Zuckungsgesetzes blieb, bis die Empfänglichkeit des Präparates beträchtlich gesunken war. Die Antworten schwankten in den Werthen: $p = 4$ bis 3. 0 bis 4. 0 bis $zz2.0.$ $c = 4$ bis 3. 0 bis $3\ .\ 0.0$ bis $zz1.$ Erst die allerletzten Erfolge des indeß eintrocknenden Nerven waren ungleichartig einseitig, z. B. $p = 2.1.0.0.$ oder $2.0.0.0.$ und $c = 1.3.0.0$ oder $0.1.0.0.$

Wir sehen hieraus, daß die doppelten Wirkungen, welche die gewöhnlichen galvanischen Froschpräparate im Anfange geben, nur von der unzweckmäßigen Anwendung zu starker Reizbedingungen abhängen und daß die einseitigen gleichartigen oder ungleichartigen von einem Zustande herrühren, der dem des lebenden Nerven nicht entspricht, sondern durch Nebenverletzungen künstlich hervorgerufen worden. Vermeidet man diese Klippen so sehr als möglich, so kann man ein gesondertes galvanisches Präparat erhalten, das wenigstens noch eine geraume Zeit nach dem Zuckungsgesetz des lebenden Nerven antwortet.

14) Befindet sich ein gewöhnliches galvanisches Präparat auf der Stufe der einseitigen gleichartigen oder ungleichartigen Wirkung ($p = 1$ bis $5.\ 0.\ 0.\ 0.$ und $c = 0.\ 1$ bis $5.0.0.$ oder $p = 0.\ 1$ bis $5.\ 0.\ 0.$ und $c = 1$ bis $5.\ 0.\ 0.\ 0.$), so unterscheidet es zwischen den beiden Stromesrichtungen, weil es die eine nur oder vorherrschend mit einer Schließungs- und die andere mit einer Oeffnungszuckung beantwortet. Der Nerv dagegen, der nach dem Zuckungsgesetz des lebenden Nerven thätig ist, erwiedert beide Ströme bei dem Eintritte und nicht bei dem Austritte, sobald keine doppelte Wirkungen aus den früher angeführten Gründen hervortreten. Der künstliche Zustand, den wir in den gewöhnlichen Froschpräparaten prüfen, hat daher gleichsam den Nerven für die Einflüsse der Stromesrichtungen (durch Veränderung seines Molecularzustandes) empfindlicher gemacht, wenn auch unterdeß die Quantität der Empfänglichkeit oft genug sichtlich gesunken ist.

Der Einfluß anhaltender galvanischer Ströme verräth den gleichen Unterschied. Wir haben schon unter No. 1 erwähnt, daß der mit den Leitungsnadeln geprüfte Hüftnerv des lebenden Frosches eine nicht unbeträchtliche Zeit einer peripherisch oder central geschlossenen Kette ausgesetzt sein kann, ohne daß später die Grundnorm des Zuckungsgesetzes des lebenden Körpers verwischt wird. Ich hatte z. B. einen Frosch enthauptet und die Leitungsnadeln in einer wechselseitigen Entfernung von 22 Mm. in den rechten Hüftnerven eingepflanzt. Ich fand dann $p = c = A.\ 0\ 0.\ 0.$ Nun hielt ich die Kette 9 Minuten peripherisch geschlossen. Die nächste Antwort war dann $p = C.0.0.0.$ und $c = C.$ kaum $a\ .\ 0.0.$ War die Kette 11 Minuten central geschlossen geblieben, so ergab sich dann unmittelbar darauf $p = C.A.0.0.$ und $c = B.0.0.0.$ Die spätere Wiederholung dieses Doppelversuches führte im Wesentlichen zu demselben Ergebnisse d. h. der anhaltende Strom bewirkte gar keine Grundveränderung oder er bedingte doppelte Wirkungen, nicht aber einen deutlichen Wechsel der Empfänglichkeit für die verschiedenen Stromesrichtungen. Diese tritt dagegen, wie die Voltaische Alternative oder

die Modification der Empfänglichkeit durch geschlossene Ketten lehrt, in den gewöhnlichen galvanischen Präparaten bestimmt hervor.

15) Prüfte ich galvanische Froschpräparate, welche einseitig und zwar gleichartig antworteten für Durchströmungslängen von ungefähr 8 bis 25 Mm., mit schwächeren Ketten, so waren viele Eingriffe, welche die Quantität der Empfänglichkeit sichtlich herabsetzen, nicht im Stande, die Art der Grundstimmung selbst aufzuheben. Das Schema $p = 1$ bis 5.0.0.0. und $c = 0.1$ bis 5.0.0. erhielt sich so lange, als die Empfänglichkeit überhaupt dauerte. Einige Beispiele können uns dieses näher erläutern.

Ein galvanisches Präparat, das schon zu einer Reihe anderer Versuche gedient hatte, lieferte $p = 3.0$ bis 1.0.0. und $c = 0.1.0.0$. Ich ließ nun die starken Schläge des Magnetelektromotors zwei Mal und zwar in zwei entgegengesetzten Richtungen einige Minuten durchgehen. Die einfache Kette lieferte dann $p = 3.0$ bis 1.0.0. $c = 3.1.0.0$. Die Ursache der stärkeren Schließungszuckung des centralen Stromes wird uns in der Folge klar werden.

Ich trocknete das Glas *s* Fig. 362 sorgfältig aus und schüttete in dasselbe eine Menge Chlorcalcium statt des gewöhnlichen Wassers. Das Froschpräparat wurde auf diese Weise dem Einflusse eines austrocknenden Körpers unterworfen. Seine Empfänglichkeit erhielt sich nur etwas mehr als $^3/_4$ Stunden. Es zeigte sich im Anfange $p =$ 3 bis 4.3 bis 4.0.0. und $c = 2.3$ bis 4.0.0., später $p = 2.0.0.0$. und $c =$ 1.3.0.0. und endlich zuletzt $p = 0.0.0.0$. und $c = 0.2.0.0$.

Wiederholte ich den gleichen Versuch mit Schwefelsäure, so gab die erste Beobachtung $p = 3.2.0.0$. $c = 2.3.0.0$. und die letzte $c = 0.2.0.0$.

Goß ich Essigsäure auf den Boden des Gefäßes *s* Fig. 362, so ging z. B. die Empfänglichkeit eines Froschpräparates erst nach ungefähr 20 Minuten völlig verloren. Es hatte zuletzt $p = 1$ bis $2.\alpha.0.0.$ und $c = 0.2$ bis 3.0.0. angegeben. Lassen wir die erste Antwort, die es lieferte und auf die wir bald zurückkommen werden, bei Seite, so waren die unter dem Einflusse der essigsauren Dämpfe zu Stande gekommenen Erfolge $p = 2$ bis 1.0.0.0. und $c = 0.$ bis $\alpha.\alpha$ bis $\beta.0.0$.

Stellte ich den gleichen Versuch mit Aether an, so zeigte der Schenkel, der auf den peripherischen Strom ungleichartig antwortete, $p = 0.2.0.0.$ vor und $p = 0.1$ bis 2.0.0. während der Thätigkeit der Aetherdünste. Ein anderer Schenkel, der zuletzt $p = 3.2.0.0.$ und $c = 1$ bis 2.2 bis 3.0.0. dargeboten, hatte $p = 3$ bis 1.1 bis 0.0.0. und $c = 1$ bis 0.3 bis 0.0.0., so lange er den Chloroformdünsten ausgesetzt blieb.

Schüttete ich kaustischen Salmiakgeist auf den Boden des Gefäßes *s* Fig. 362, so zerstörten die sich entbindenden Ammoniakdämpfe die Empfänglichkeit des Präparates so schnell, daß von einer wiederholten Prüfung der Grundstimmung nicht die Rede sein konnte. 10 bis 15 Secunden und selbst noch weniger reichten hin, um alle Empfänglichkeit für beide Stromesrichtungen aufzuheben.

Ich senkte das oberste, jenseit des oberen Leitungsdrathes gelegene Stück eines Nerven, der unmittelbar vorher $p = 1$ bis 2.0.0.0. und $c = 0.2.0.0$. angegeben hatte, in Salpetersäure. Das Präparat zeigte eine Minute später $p =$ kaum 1.0.0.0. und $c = 0.2.0.0$.

Wie die Strychninvergiftung das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven nicht verdrängt (No. 1.), so zeigten mir auch beide Schenkel eines auf diese Weise getödteten Frosches die gewöhnliche einseitige gleichartige Grundstimmung für ihre ganze Prüfungsdauer. Ein Frosch, den ich mit Aether betäubt hatte, lieferte das Gleiche.

Erholt sich ein Froschpräparat in der Ruhe, so nimmt die Quantität seiner Wirkungen zu. Die Artstimmung dagegen bleibt in der Regel die frühere, sofern es überhaupt schon früher die beiden Stromesrichtungen verschieden beantwortete.

Wenn der Nerv während der länger fortgesetzten Versuche auf den Leitungsdräthen anhaltend liegen blieb, so oxydirten sich diese binnen Kurzem an vielen Berührungspunkten. Dieses änderte die Grundstimmung in keiner sichtlichen Weise. Ich verfertigte ein Mal zwei Präparate aus einem unmittelbar vorher enthaupteten Frosche, setzte jeden in einen Wasserapparat und prüfte sie nach längeren Zwischenräumen. Der rechte Hüftnerv blieb auch während der Ruhe auf den Dräthen liegen, während ich den linken jedes Mal abnahm. Es zeigte sich hierbei, daß der rechte Schenkel, dem eine Reihe mechanischer Eingriffe erspart worden waren, mehr als 2 Stunden länger reizbar blieb als der linke.

16) Wir haben schon §. 2191 gesehen, wie man bis jetzt das Gesetz der Voltaischen Alternative auszudrücken pflegte. Nehmen wir einen der gewöhnlichsten Fälle, so liefert z. B. ein Präparat $p = 3.0.0.0$. und $c = 0.3.0.0$. Lassen wir nun einen peripherischen Strom anhaltend oder in kurzen Zeiten hinter einander wirken, so erreicht man endlich, daß $p = 0.0.0.0$. und $c = 0.3.0.0$. herauskommt. Man schloß hieraus, daß der centrifugale oder peripherische Strom die Reizbarkeit schwächt, daß daher endlich seine Schließungszuckung ausbleibt. Der centripetale oder centrale Strom dagegen stärke die Empfänglichkeit. Wir hätten deßhalb noch keine Wirkung bei dem Schlusse, wohl aber bei der Oeffnung der Kette. Matteucci [1]) suchte diese schon von Ritter und Pfaff [2]) aufgestellte Ansicht durch neuere Versuche zu unterstützen.

Lassen wir auch den Doppelsinn, den die Worte Schwächung und Erhöhung der Empfänglichkeit einschließen, bei Seite, nehmen wir auch an, daß hiermit nicht sowohl die Quantität des Erfolges, als die Artstimmung gemeint sei, so ergiebt sich bei genauerer Prüfung, daß sich diese Deutung nur auf die gewöhnlichsten Fälle bezieht und sich auch hier nur an der Oberfläche hält. Die sogleich zu erwähnenden Thatsachen werden diesen Ausspruch, wie ich glaube, rechtfertigen. Wir wollen hier nur einen Fall hervorheben, welcher andeutet, daß die ganze Anschauungsweise in die entgegengesetzte umschlagen müßte, wenn die Artstimmung die ungewöhnliche d. h. die ungleichartige ist.

Das rechte Schenkelpräparat eines Frosches, der eine Zeit lang auf die Verhältnisse des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven unter dem Einflusse anhaltender oder wiederholter Stromesrichtungen geprüft worden war, lieferte:

Zeit.		Anhaltender Strom, der unmittelbar vorher wirkte.		p =	c =
Uhr.	Minute.	Richtung.	Dauer desselben in Secunden.		
3	30	—	—	0 . 3 bis 2 . 0 . 0	—
3	31	—	—	—	2 . 0 . 0 . 0
—	—	—	—	—	0 . 0 . 0 . 0
3	32	—	—	0 . 2 . 0 . 0	—
3	32½	—	—	0 . 2 . 0 . 0	—
3	35	p.	120	0 . 2 . 0 . 0	—
3	36½	—	—	—	2 . 0 . 0 . 0
—	—	—	—	—	1 . 0 . 0 . 0
3	36¾	—	—	0 . 2 . 0 . 0	—
3	39½	c.	90	—	0 . 0 . 0 . 0
3	39¾	—	—	0 . 0 . 0 . 0	—
3	41	p.	30	0 . 2 . 0 . 0	2 . 0 . 0 . 0
3	44¼	c.	60	—	0 . 0 . 0 . 0
—	—	—	—	0 . 2 . 0 . 0	0 . 0 . 0 . 0
3	54	—	—	0 . 0 . 0 . 0	0 . 0 . 0 . 0

Wir haben also hier gerade das Umgekehrte in dem Ausnahmsfalle der ungleichartigen Grundstimmung. Wie diese den gewöhnlichen Verhältnissen entgegengesetzt war, so zeigte sich auch hier der centrale Strom als der nachtheilige und der peripherische als

[1]) Matteucci, in den Philosophical Transactions. Part. IV. for 1846. London 1846. 4. pag. 487 fgg.

[2]) Du Bois, a. a. O. Bd. I. S. 365 fgg.

der vortheilhafte. Man könnte daher höchstens sagen, daß die anhaltende Wirkung desjenigen Stromes, welcher die Schließungszuckung erzeugt, schwächend und die des anderen, der die Oeffnungszuckung liefert, stärkend wirkt. Spricht man aber auch den Satz so aus, so paßt er immer noch nicht zu manchen bald anzuführenden Erscheinungen, obgleich die unbestimmten Ausdrücke der Stärkung und der Schwächung einen gewiß großen Spielraum gestatten.

Man verfährt zweckmäßiger, wenn man diese Benennungen gänzlich bei Seite läßt und sich die Sache auf folgende Weise vorstellt. Der lebende Nerv befindet sich in einem solchen Molecularzustande, daß nur der Eintritt, nicht aber der Austritt eines centralen oder peripherischen Stromes Zuckungen bedingt, so lange die Nebenverhältnisse einseitige Erfolge überhaupt gestatten. Der künstliche Molecularzustand der Nervenmasse, den wir in den gewöhnlichen Froschpräparaten haben, zeigt uns eine verschiedene Empfänglichkeit für die beiden entgegengesetzten Stromesrichtungen, indem wahrscheinlich die Atome anders geordnet worden sind oder erst jetzt verschiedene Eigenschaften nach verschiedenen Seiten hin erhalten oder indem sich beide Verhältnisse zugleich geltend machen. Dem sei wie ihm wolle, so sucht jede galvanische Stromesrichtung das Gleichgewicht in einem ihm entsprechenden Sinne zu stören. Wirkt sie nur vorübergehend ein, so stellt sich auch der frühere Zustand bald wieder her. Greift die Stromesrichtung tiefer durch, so bleibt auch der durch sie veranlaßte Zustand länger zurück. Es verliert daher dieselbe elektrische Stromesrichtung an Einfluß, weil die Zuckung von einer kräftigen Veränderung der Gleichgewichtslage der Nervenmolecüle abhängt und nun nichts mehr rasch zu verändern ist. Es gewinnt häufig der Erfolg des entgegengesetzten Stromes, weil die Möglichkeit der Veränderung für ihn am Größten ausfällt. Halten wir uns an diese, freilich immer noch sehr allgemeine Vorstellung, so werden uns wenigstens die meisten der bald zu erwähnenden Thatsachen verständlich werden.

Da der Einfluß schwacher anhaltender Ströme im lebenden Nerven weniger hervortritt, als in den galvanischen Froschpräparaten, da diese einen ähnlichen Unterschied, je nach dem sie ganz frisch und kräftig oder schwächer sind, darbieten, so können wir schließen, daß die Molecüle des lebenden Nerven eine beträchtlichere Elasticitätsgröße, als die des absterbenden in der uns hier beschäftigenden Beziehung darbieten. Wir können den lebenden Nerven mit einem Riemen vergleichen, der innerhalb seiner vollkommenen Elasticitätsgrenze ausgedehnt worden und daher später augenblicklich zu seiner früheren Ausdehnung zurückspringt. Der absterbende Nerv dagegen, dem ein gewisser Wirkungscharakter durch den anhaltenden Einfluß einer bestimmten galvanischen Stromesrichtung aufgedrückt worden, gleicht gewissermaaßen einem Riemen, der über die Grenze seiner vollkommenen Elasticität gedehnt worden und daher auch noch nach dem Aufhören der Spannung gedehnt bleibt (§. 2756 fgg.).

17) Hat man ein galvanisches Froschpräparat, das schon $p = 1$ bis $4.0.0.0.$ und $c = 0.1$ bis $4.0.0.$ als allgemeines Schema selbst für Durchströmungslängen von $1\frac{1}{2}$ Centimeter des Nerven und mäßig starke Ketten giebt, so kann man es durch consequenten anhaltenden Schluß in peripherischer Richtung dahin bringen, daß zuletzt der Erfolg $p = 0.0.0.0.$ und $c = 0.1$ bis $4.0.0.$ herauskommt. Die Zeit, welche hierzu nöthig ist, wächst im Allgemeinen mit der Lebhaftigkeit des Präparates. Ist dieses von vorn herein geschwächt oder hat es durch galvanische Versuche schon früher gelitten, so braucht oft die Kette nur wenige Secunden peripherisch geschlossen zu bleiben, damit $p = 2.0.0.0.$ in $p = 0.0.0.0.$ übergeht. Arbeiten wir dagegen mit möglichst kräftigen Präparaten, so ist gar nicht selten $\frac{1}{4}$ und sogar $\frac{1}{2}$ Stunde nöthig, bis man zum Ziele gelangt. Fährt man aber nur consequent fort, so kann man sicher sein, daß der eben erwähnte Erfolg nicht ausbleibt. Man sieht leicht, daß sich hier der Wechsel der Elasticität der Nerventheilchen vor Allem geltend macht.

Hatte ich z. B. ein sehr kräftiges galvanisches Froschpräparat, das $p = c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$ angab und ließ einen anhaltenden peripherischen Strom 15 Minuten lang durchströmen, so ergab sich unmittelbar darauf $p = 4$ bis $5.0.0.0.$ $c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$ Es war also zunächst die doppelte Wirkung für den centralen Strom geblieben, die Oeffnungszuckung des peripherischen Stromes hinweggebracht worden. Sie kehrte wieder, so wie ich das Präparat 15 Minuten lang dem Einflusse eines anhaltenden centralen Stromes unterworfen hatte. Die ersten Versuche gaben dann $p = c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$ und die späteren $p = 4$ bis 5.2 bis $3.0.0.$ $c = 4$ bis $5.4.0.0.$

Schloß ich dann die Kette von Neuem central für 7½ Minuten, so zeigte sich wieder $p = c = 4$ bis 5 . 4 bis 5 . 0 . 0 .

War später die Empfänglichkeit nach einer Reihe nicht hierher gehörender Zwischenversuche so weit gesunken, daß sich $p = 4$ bis 5 . 0 . 0 . 0 . von vorn herein zeigte, und ließ ich dann einen peripherischen Strom eine Minute durchströmen, so fand sich $p = 1$ bis 2 . 0 . 0 . 0. Ging der peripherische Strom noch eine Minute lang durch, so erhielt ich $p = 0 . 0 . 0 . 0$., es war dagegen $c = 0 . 4$ bis 5 . 0 . 0 . d. h. die Quantität des Ausschlages des peripherischen Stromes sinkt zuerst allmählig, bis sie endlich gänzlich ausbleibt.

18) Prüft man ein galvanisches Froschpräparat, das einseitig gleichartige Wirkungen seiner Grundstimmung gemäß darbietet ($p = 1$ bis 5 . 0 . 0 . 0 . und $c = 0.1$ bis 5 0 . 0 .), so findet man, daß im Allgemeinen die Thätigkeit des peripherischen Stromes leichter, als die des centralen bedingt wird. Diese Thatsache bewährte sich auch für die anhaltende Einwirkung eines centralen Stromes.

Hatte ich z. B. den No. 17 erwähnten Schenkel dem Einflusse eines peripherischen Stromes 15 Minuten lang ausgesetzt, so sank die Wirkung von $p = c = 4$ bis 5 . 4 bis 5 . 0 . 0 . auf $p = 4$ bis 5 . 0 . 0 . 0 . und $c = 4$ bis 5 . 4 bis 5 . 0 . 0. Ließ ich nun unmittelbar darauf einen centralen Strom der gleichen Bunsen'schen Kette 15 Minuten lang durch dieselbe Nervenlänge durchfließen, so ergab sich dann $p = c =$ 4 bis 5 . 4 bis 5 . 0 . 0 . d. h. es hatte sich die Oeffnunszuckung des peripherischen Stromes von Neuem eingefunden. Es war dagegen die Schließungszuckung des centralen nicht beseitigt worden. Diese erhielt sich sogar noch, wenn die Kette noch 14½ Minuten später geschlossen blieb. Hat man schwächere Schenkel, so bemerkt man ebenfalls, daß nicht bloß die Oeffnungszuckung des centralen Stromes hartnäckiger zurückbleibt, sondern daß auch diese Stromesrichtung eine größere Menge scheinbarer Anomalien, auf die wir sogleich zurückkommen, darbietet.

19) Arbeitet man an einem sehr geschwächten Schenkel, so kann man alle Empfänglichkeit durch die anhaltende Einwirkung einer bestimmten Stromesrichtung scheinbar vernichten. Läßt man aber die entgegengesetzte Stromesrichtung eine Zeit lang thätig sein, so erhält man dann dessenungeachtet in günstigen Fällen so starke Erfolge, wie sie nur Präparate von mittlerer Lebhaftigkeit liefern.

Ein Froschschenkel ergab z. B. $p = 0 . 0 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 1$ bis 2 . 0 . 0. Ich setzte ihn dann einem peripherischen Strome 25 Minuten lang aus. Dieser schwächte die Thätigkeit so sehr, daß selbst die Oeffnungszuckung des centralen Stromes wegfiel und $p = c = 0 . 0 . 0 . 0 .$ herauskam. Ließ ich nun einen centralen Strom 25 Minuten lang durchfließen, so ergab sich $p = 3 . 1 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 2$ bis 3 . 0 . 0. Die Ursache dieses Erfolges wird uns noch später klar werden.

20) Wiederholt man eine und dieselbe Schlußweise in einem vor dem Vertrocknen geschützten Präparate oft hinter einander, so fallen häufig die Einflüsse der einseitigen Ströme nicht so scharf aus, als wenn diese anhaltend einwirken. Mögen auch die Zwischenzeiten zwischen je zwei Schließungen noch so klein bleiben, so sind sie doch lang genug, daß die Molecüle der Nerven ihr früheres Gleichgewicht wiederfinden und daher keine Nachwirkung der einseitigen Stromesrichtung eintritt. Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß hier die Elasticitätsgröße der Nervenmolecüle von wesentlicher Bedeutung ist.

Ein Froschpräparat, das einseitige ungleichartige Wirkungen lieferte, zeigte zuletzt $p = 0 .$ 1 . 0 . 0. Ich öffnete und schloß nun die Kette peripherisch so rasch als möglich, allein erst der 637ste Schluß lieferte $p = 0 . 0 . 0 . 0 .$ und unmittelbar darauf zeigte sich schon wieder $p = 0 . 1$ bis 2 . 0 . 0. Ließ ich das Ganze einige Zeit in Ruhe, so ergab sich $p = 0 . 2 . 0 . 0 .$ und $c = 2 . 0 . 0 . 0.$ Schloß und öffnete ich nun die Kette central, so brachte ich es nur so weit, daß erst die 665 Schließung $p = 0 .$ 0 . 0 . 0. und $c = \alpha . 0 . 0 . 0 .$ zeigte. Die mittlere Zeit zwischen je zwei Schließungen betrug hier 1,1 Secunde.

21) Es ergiebt sich schon aus dem früher Dargestellten, daß der Wechsel der Molecularverhältnisse des Nerven eine gewisse Stärke oder Geschwindigkeit erreichen muß, wenn Zuckungen auftreten sollen. Man kann sich hieraus erklären, weshalb ein rasch durchschnittener Nerv den Muskel in Ruhe läßt (S. 623), weshalb ein sehr schnell durchschlagender elektrischer Strom seine Wirkung verfehlen kann, weshalb endlich anhaltende Ströme schwacher Ketten während der Zeit des Geschlossenseins keine Zukungen bedin-

gen, nichts desto weniger aber indeß die Grundstimmung ändern. Der plötzliche Ein- oder Austritt der Elektricität dagegen, der gleichsam eine tumultuarischere Molecularwirkung bedingt, führt auch eher zu Verkürzungen. Das Gleiche gilt von sehr starken Strömen, welche den Nerven durchsetzen.

Erholt sich ein Nerv, während man ihn in Ruhe läßt, so können wir uns vorstellen, daß indeß seine Molecüle günstigere Bedingungen wiedergewinnen. Nehmen wir an, daß hierbei eine Bewegung der Atome statt findet, so wird diese in der Regel so langsam durchgreifen, daß keine Zuckungen zu Stande kommen. Der Nerv gewinnt hierbei meistentheils an Quantität seines Einflusses. Es kann sich aber auch die Grundstimmung, die er bei früheren galvanischen Versuchen dargeboten hat, verändern.

Es kommt nun zunächst häufig genug vor, daß eine eigenthümliche Wirkung, welche durch eine anhaltende Schließung eines peripherischen oder centralen Stromes dem Nerven aufgedrungen worden, nach einer gewissen Ruhezeit verschwindet und daß sich wieder die ursprüngliche Grundstimmung zu erkennen giebt.

Ich verfertigte zwei galvanische Froschpräparate aus den Schenkeln eines eben enthaupteten Frosches und brachte jeden von ihnen in ein Glas *s* Fig. 362. Der rechte Schenkel lieferte bei der ersten Prüfung mit der gewöhnlichen schwachen Kette $p = 4$ bis $5 . 3 . 0 . 0 .$ und $c = 4 . 4 . 0 . 0$. Ließ ich alsdann einen peripherischen Strom 21 Minuten lang durchfließen, so zeigte sich unmittelbar darauf $p = \alpha . 0 . 0 . 0 . c = 4 . 0 . zzA . 0$. Trat hierauf ein centraler Strom 2 Minuten lang durch, so ergab sich $c = 0 .$ kaum $\alpha . 0 . 0 . p = 4$ bis $5 . 4$ bis $5 . zA . 0$. Blieb nun das Präparat 24 Minuten in Ruhe, so fand sich $p = 4$ bis $5 . 4$ bis $5 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 2 . 0 . 0$. Ließ ich es dann noch $126\frac{1}{2}$ Minuten ruhen, so erhielt ich sogar $p = 4 . \alpha . 0 . 0 .$ und $c = 4 . 4 . 0 . 0$.

Der linke Schenkel hatte $p = c = 4 . 4 . 0 . 0$. bei dem ersten Versuche. Wurde er einem anhaltenden centralen Strome ausgesetzt, so lieferte er dann $c = 4 . 0 . 0 . 0 .$ und $p = 4 . 4 . 0 . 0$. Wirkte hierauf ein anhaltender peripherischer Strom 3 Minuten lang ein, so zeigte sich $p = 0 . 0 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 3$ bis $4 . zA . 0$. Ruhte dann das Ganze $22\frac{1}{2}$ Minuten aus, so bot es $p = 1 . 0 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 2$ bis $3 . 0 . 0 .$ dar.

Hat jedoch ein centraler Strom so gewirkt, daß er, wie wir sehen werden, die Oeffnungszuckung des peripherischen Stromes über die Schließungszuckung desselben vorherrschen läßt, so kann sich diese den früheren Verhältnissen entgegengesetzte Stimmung trotz der Ruhezeit erhalten. Beide Ströme geben dann vorzugsweise Oeffnungszuckungen.

Nachdem der obenerwähnte rechte Schenkel z. B. zu manchen Versuchen über den Einfluß anhaltender Stromesrichtungen gedient hatte, wurde er durch den anhaltenden Schluß eines peripherischen Stromes so heruntergebracht, daß er $p = 0 . 0 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 1$ bis $2 . 0 . 0 .$ lieferte. Ging nun ein centraler Strom durch den Nerven 22 Minuten lang durch, so zeigte sich unmittelbar darauf $p = 1 . 3$ bis $4 . 0 . 0 .$ und $c = 1 . 1 . 0 . 0$. Ich ließ ihn nun 22 Minuten völlig ruhen. Der erste dann angestellte Versuch gab $p = 0 . 4 . 0 . 0 .$ und $c = \alpha . 3 . 0 . 0 .$ d. h. vorherrschende Oeffnungszuckungen für beide Ströme, wie sie der anhaltende centrale Strom künstlich hervorgerufen hatte. Die Nervenmolecüle hatten hier nicht mehr Elasticität oder Beweglichkeit genug, um zu ihrer früheren Grundstimmung zurückzukehren. Die Quantität des Erfolges hatte dessenungeachtet eher zu als abgenommen.

Ein zweiter Fall, der mir vorkam, war noch eigenthümlicher. Ein galvanisches Froschpräparat, das zu mannigfachen Versuchen über den Einfluß anhaltender Ströme gedient hatte, gab zuletzt $p = 2$ bis $3 . 0 . 0 . 0 .$ und $c = 0 . 3 . 0 . 0$. Ich ließ es nun $129\frac{1}{2}$ Minuten in Ruhe. Es lieferte dann $p = 0 . 2 . 0 . 0 .$ und $c = 1 . 0 . 0 . 0 .$ und behielt diese Grundstimmung $2\frac{1}{2}$ Stunden lang bei.

Man kann schon aus dem, was im Anfange dieser Nummer im Allgemeinen bemerkt werden, mit Recht vermuthen, daß die Verwirrung der Molecularverhältnisse des Nerven Zuckungen, die sonst fehlen, hervorrufen wird. Wenn z. B. ein peripherischer Strom durch die Nerven hindurchgeht, so sucht er die Molecüle in seinem Sinne zu verrücken. Gesetzt, ich lasse dann einen centralen Strom durchfließen, während die Atome noch in jener ersteren Bewegung begriffen sind, so wird die Collision eine Zuckung bewirken wenn gleichsam die Molecüle gewaltsam umgedreht werden. Ich erhalte daher jetzt z. B. $c = 1 . 3 . 0 . 0 .$, wenn ich nur $c = 0 . 3 . 0 . 0 .$ ohne den vorangegangenen pe-

ripherischen Strom bekommen haben würde. Die Erfahrung bestättigt diese Auffassungsweise nach den verschiedensten Seiten und die folgenden Nummern enthalten die Hauptfälle, die ich in dieser Hinsicht bis jetzt bemerkt habe.

Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven und die meisten anderen bisher erwähnten Normen treten unter den geeigneten Bedingungen mit derselben Regelmäßigkeit, wie ein Niederschlag, den ein Reagens erzeugt, hervor. Die uns nun beschäftigenden Verhältnisse bieten diesen Vortheil nicht dar. Man wird zwar die Normen in einer Reihe von Beobachtungen leicht erkennen. Sie machen sich aber nicht in jedem einzelnen Versuche immer geltend. Der Grund dieser Schwankungen liegt, wie ich glaube, in zwei Umständen.

Es hängt nämlich nicht bloß von den Außenverhältnissen, sondern auch von der Elasticität der Nervenmolecüle ab, in welcher Zeit sie aus einer ihnen künstlich aufgedrungenen Richtung in ihre früheren Beziehungen zurückkehren. Dieser Umschlag erfordert manches Mal eine Reihe von Secunden. Ein Bruchtheil einer Secunde reicht aber auch in vielen Fällen hin, um jene Rückkehr möglich zu machen. Wir erhalten auch in der That oft jene Verwirrungswirkung, wenn wir den neuen Strom so rasch als möglich einleiten, nicht aber, wenn wir nur etwas länger warten. Es ergiebt sich aber von selbst, daß man hier dem Zufalle meistentheils preisgegeben ist.

Eine zweite Bedingung liegt in der Größe des Augenblickes, der zu dem Schlusse und der Oeffnung der Kette oder des Abgleitens der Elektricität nöthig ist. Da mein Stromwender übersilberte Kupferdräthe, die sich leicht amalgamiren, enthielt, so lieferte er vermuthlich deswegen schwankendere Ergebnisse, als wenn ich Platindräthe und reines Quecksilber gebraucht hätte. Ich glaube jedoch nicht, daß die erwähnte Verbesserung und selbst der Gebrauch eines Uhrwerkes zum Schlusse und der Oeffnung die eben erwähnte Unannehmlichkeit gänzlich beseitigen könnte. Denn Bruchtheile von Secunden gelten wahrscheinlich hier eben so viel, als Reihen von Minuten in vielen anderen Versuchen.

Dieser Uebelstand bewog mich auch die Zuckungen gewissermaaßen nur qualitativ und nicht quantitativ zu prüfen d. h. die Stärke der Zusammenziehung nur dem Augenmaaße nach zu schätzen, nicht aber die Hubhöhe des Muskels für ein bestimmtes Gewicht zu untersuchen.

22) Gesetzt wir hätten einen Schenkel, der die einseitige gleichartige Wirkung mit mittleren Graden der Zusamenziehung beantwortet, so können wir häufig eine Schließungszuckung des centralen Stromes bewirken, wenn wir einen Schluß des centralen Stromes unmittelbar auf die Oeffnung des peripherischen und zwar so rasch als möglich folgen lassen. Wiederholt man diese Schließungsweise schnell hinter einander, so treten zwei Fälle auf. Die eben erreichte Schließungszuckung bleibt in einzelnen Fällen aus, während sie in anderen stärker wird, als die nachfolgende Oeffnungszuckung, so daß man daher eine ungleichartige einseitige Wirkung für den Augenblick erhält.

Verfährt man auf die eben erwähnte Weise, so findet man z. B. sehr häufig $c = 0.3.0.0$. $p = 1.0.0.0$. und $c = 1.3.0.0$. Spätere Versuche liefern bald $c = 0.3.0.0$., bald dagegen $c = 3.1.0.0$.

23) Hält man die Kette eine Zeit lang peripherisch geschlossen und schließt dann unmittelbar darauf central, so bekommt man ebenfalls eine Schließungszuckung, so wie man den rechten Augenblick trifft oder den gehörigen Grad von Einfluß des centralen Stromes erreicht hat. Hat der Schluß des peripherischen Stromes sehr lange gedauert und ist die Schließungszuckung des centralen sehr stark ausgefallen, so kann selbst die Oeffnungszuckung des letzteren ausbleiben.

Ein galvanisches Froschpräparat z. B. gab frisch bereitet $p = 3.0.0.0$. und $c = 4.4.0.0$. Ließ ich es nun 21 Minuten peripherisch geschlossen, so zeigte sich dann $p = \alpha.0.0.0$. und $c = 4.0.zzA.0$. Der Fall, daß hier wieder z. B. $c = 0.2.0.0$. in $c = 1$ bis $2.2.0.0$. übergeht, kommt häufiger vor.

24) Die Verwirrung der Molecularverhältnisse, durch welche die Schließungszuckung bedingt wird, kann selbst noch durch den peripherischen Strom veranlaßt werden, wenn dieser an und für sich keine Zusammenziehungen zur Folge hat. Ein Froschschenkel z. B., der anhaltenden peripherischen Strömen zuletzt ausgesetzt gewesen, zeigt die Reihenfolge: $c = 0.4$ bis $5.0.0$. $p = 0.0.0.0$. $c = 0.4$ bis $5.0.0$. $p = 0.0.0.0$. $c = \alpha.4$ bis $5.0.0$. $p = 0.0.0.0$. $c = 1$ bis 2.4 bis $5.0.0$. $p = 0.0.0.0$. $c = \alpha.4$ bis $5.0.0$. $p = 0.0.0.0$. u. $c = 0.4$ bis $5.0.0$.

25) Wechselt man mit peripherischen und centralen Strömen so rasch als möglich ab, so erhält man häufig $p = 3.0.0.0.$ und $c = 1.3.0.0.$ statt $p = 3.0.0.0.$ und $c = 0.3.0.0.$, d. h. der Sturm erzeugt eher eine Schließungszuckung des centralen, als eine Oeffnungszuckung des peripherischen Stromes. Obgleich sich nun dieses unter vielen anderen Verhältnissen bestättigt, so ist es doch auch möglich, daß man die Stimmung für den peripherischen Strom verändert und selbst umkehrt.

Ein Froschschenkel, der früher dem Einflusse der verschiedenen Stromesrichtungen und zuletzt dem des Magnetelektromotors ausgesetzt worden war, gab z. B. 1½ Minuten später $c = 4.4.0.0.$ $p = 2$ bis $3.0.0.0.$ und ½ Minute darauf $p = 4.2.0.0.$ $c = 2.2.0.0.$, dagegen 6 Minuten später $p = c = 4.4.0.0.$ Solche Zwischenfälle, die durch den bloßen Wechsel der Stromesrichtungen bedingt werden, kommen jedoch nicht sehr häufig vor.

Man kann die Oeffnungszuckung schon etwas leichter erzielen, wenn man den centralen Strom hinreichend lange durchfließen läßt und nun rasch einen peripherischen einleitet. Ich hatte den eben erwähnten Schenkel durch einen peripherischen Strom so weit abgestumpft, daß $p = 0.0.0.0.$ und $c = 4.4$ bis $5.0.0.$ wurde. Führte ich nun anhaltende centrale Ströme durch, so erhielt ich anfangs $p = 2$ bis $3.0.0.0.$ $c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$, später $p = 4$ bis $5.0.0.0.$ $c = 1$ bis 2.4 bis $5.0.0.$, dann $p = 4$ bis $5.1.0.0.$ $c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$, endlich $p = 4$ bis $5.3.0.0.$ $c = 1$ bis 2.4 bis $5.0.0.$ Ließ ich wieder einen centralen Strom 2 Minuten lang und alsdann einen peripherischen 2 Minuten durchfließen, so lieferte dieser sogar eine Oeffnungszuckung im Werthe von 4 bis 5.

Hat man auch den centralen Strom so tief eingreifen lassen, daß er selbst keine Zusammenziehung bedingt, so kann er sich doch für die Erzeugung der Oeffnungszuckung des peripherischen Stromes geltend machen. Ich ließ z. B. ein Präparat, das zuletzt $p = 0.2.0.0.$ und $c = 1.0.0.0.$ angab, 60 Secunden lang von einem centralen Strome durchfließen. Es gab dann die Reihenfolge: $c = 0.0.0.0.$ $p = 1.3.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$

Ist auch der Einfluß des peripherischen Stromes durch eine anhaltende peripherische Schließung beseitigt worden, so kann ein anhaltender centraler Strom die Verhältnisse so weit herstellen, daß selbst die Oeffnungszuckung des peripherischen Stromes innerhalb der Verwirrungszeit überwiegt. Ein Präparat, das schon früher zu ähnlichen Versuchen gedient hatte und das 14½ Minuten lang dem peripherischen Strom ausgesetzt gewesen, lieferte dann $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.1$ bis $2.0.0.$ Ich ließ es dann 12 Minuten lang von einem centralen Strome durchfließen und erhielt hierauf $p = 1.3$ bis $4.0.0.$ $c = 1.1.0.0.$ $p = 1.3$ bis $4.0.0.$ und $c = 1.2.0.0.$

26) Leitet man eine Reihe von centralen Strömen kurz hinter einander ein, so erhält man hierbei nicht selten $c = 1.3.0.0.$ oder selbst $c = 3.1.0.0.$ statt $c = 0.3.0.0.$ Wiederholt man das Gleiche mit peripherischen Strömen, so kann auch hier die Oeffnungszuckung auftreten oder sich, wenn sie nicht mehr zum Vorschein kam, von Neuem geltend machen. Sie scheint jedoch wiederum schwerer, als die Schließungszuckung des centralen Stromes zu Stande zu kommen.

27) Hat man einen anhaltenden centralen Strom wirken lassen, und schließt und öffnet dann die Kette mehrere Male rasch hinter einander in centraler Richtung, so verstärkt sich nicht selten die Wirkung mit der Menge der Oeffnungen, nimmt aber oft später von Neuem ab. Es wechseln auch häufig kräftigere und schwächere Erfolge mit dem Mangel aller Schließungszuckungen ab. Aehnliche Verhältnisse kehren für die peripherischen Ströme wieder.

28) Wir haben gesehen, daß wir die Molecularverhältnisse durch den Einfluß der elektrischen Ströme so verwirren können, daß die einseitige gleichartige Wirkung in die ungleichartige für den centralen oder für den peripherischen Strom übergeht. Man stößt auf einzelne Froschpräparate, in denen analoge Erscheinungen im ersten Anfange vorkommen. Findet man z. B. in dem ersten Versuche $p = 3.1.0.0.$ und $c = 2.1.0.0.$, so ist dieses so zu deuten, daß hier noch das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven sein Uebergewicht behauptet, daß die gewöhnliche künstliche Stimmung der Froschpräparate noch nicht eingetreten. Ein frisch präparirter Unterschenkel lieferte mir aber z. B. $p = 2.3.0.0.$ und $c =$ kaum $1.2.0.0.$ Ein anderer, der unmittelbar vorher $p = 1$ bis $2.\alpha.0.0.$ und $c = 0.2$ bis $3.0.0.$ gegeben und der den Dämpfen

der Essigsäure seit 30 Secunden ausgesetzt war, zeigte $p = 3.0.0.0.$ und $c = 2.\alpha.0.0.$ Wir können uns vorstellen, daß hier die Nebenumstände die Molecularverhältnisse so änderten, wie wir dieses durch den Einfluß der elektrischen Ströme willkürlich hervorzurufen vermögen.

29) Bietet ein Froschpräparat die einseitige ungleichartige Stimmung dar, so kehren sich auch, so viel ich sah, die Verwirrungsbeziehungen um. Ein Froschschenkel, der früher gleichartig geantwortet hatte, war durch den letzten anhaltenden centripetalen Schluß so herabgekommen, daß sich $p = c = 0.0.0.0.$ ergab. Ließ ich nun einen peripherischen Strom eine Minute lang durchgehen, so lieferte dieser $p = 0.1.0.0.$ Ließ ich aber unmittelbar darauf eine Reihe peripherischer und centraler Ströme so schnell als möglich hinter einander wirken, so erhielt ich die Reihenfolge $p = 1.1.0.0.$ $c = 1.0.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 1.0.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 1$ bis $2.1.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 1.0.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 1$ bis $2.0.0.0.$ und endlich $p = c = 0.0.0.0.$

30) Es kommt schon im lebenden Frosche ausnahmsweise vor, daß sich manche Muskeln nur bei dem Schlusse oder nur bei der Oeffnung der Kette betheiligen. Haben wir doppelte Wirkungen, so zucken häufig die meisten Muskeln des Schenkels im Augenblicke des Schlusses und nur die des Oberschenkels in dem der Oeffnung. Dieser Fall läßt sich leicht begreifen. Man findet aber auch z. B., daß nur der Wadenmuskel eine auffallende Bewegung bedingt, während die übrigen Muskeln in geringerem Grade oder gar nicht verkürzt werden.

Manche galvanische Froschpräparate zeigen ähnliche Erscheinungen. Man erhält z. B. $p = 3.I.0.0.$, d. h. der Schluß der Kette wirkt nur auf den Wadenmuskel und die Oeffnung auf die an der vorderen Seite des Unterschenkels gelegenen Muskeln. Man erhält dann z. B. die Reihenfolge $p = 3.I.0.0.$ $c = 3.0.0.0.$ $p = 3.I.0.0.$ $c = 2.2.0.0.$ $p = 4.4.0.0.$ $c = 4.0.0.0.$, d. h. diese Wechselthätigkeit zwischen den beiderseitigen Muskeln des Unterschenkels wird durch die Veränderung der Stimmung des Nerven aufgehoben.

Manche Froschpräparate, die sich auf den niedersten Stufen der Empfänglichkeit befinden, liefern in dieser Hinsicht merkwürdige und für jetzt unerklärliche Verhältnisse. Ich verfertigte z. B. ein galvanisches Präparat aus dem linken Schenkel eines Frosches, der 29 Stunden vorher enthauptet und indeß in einem Wasserdampfapparate aufbewahrt worden war. Seine erste Antwort lautete $p = 0.I.0.0.$ und $c = 0.0.0.0.$ Ließ ich nun einen peripherischen Strom 4 Minuten lang anhaltend durchgehen, so ergab sich unmittelbar darauf $p = 0.1$ und keine sichtliche Spur von $I.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$, d. h. es war jetzt der Wadenmuskel statt des Muskels der Vorderfläche des Unterschenkels in Thätigkeit getreten. Wirkte der anhaltende peripherische Strom länger ein, so brachte ich es auf $p = 0$ bis 1.1 bis $2.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$ Ließ ich dann das Präparat 7 Minuten in Ruhe, so kehrte $p = 0.I.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$ zurück. Gingen anhaltende peripherische Ströme von Neuem durch, so hatte ich sogar $p = 1.1.0.0.$ und $c = 1.0.0.0.$

Eine andere hierbei häufig vorkommende Erscheinung besteht darin, daß nicht die Muskeln der Vorderfläche des Unterschenkels, sondern die Bewegungen einzelner Zehen die Verkürzung des Wadenmuskels ablösen. Alle früher erwähnten Begünstigungsmittel liefern dann Zusammenziehungen des Wadenmuskels und meistentheils Ruhe der Zehen und umgekehrt.

Ein Froschschenkel z. B., der durch anhaltende peripherische Ströme heruntergebracht worden, zeigte bei schnellem Stromeswechsel $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.4$ bis $5.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = \alpha.4$ bis $5.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 1$ bis 2.4 bis $5.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = \alpha.4$ bis $5.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ und $c = 0.4$ bis $5.0.0.$

Ein anderer, der durch einen anhaltenden centralen Strom herabgesetzt worden, hatte $c = 0.\alpha.0.0.$ $c = \alpha.\alpha.0.0.$ $c = 4.\alpha.0.0.$ Ein dritter, der sich in den letzten Augenblicken seiner Empfänglichkeit befand, hatte $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.$ kaum $\alpha.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.$ kaum $\alpha.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.1.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$ u. dgl. m.

Da die Zehen vieler Froschpräparate einzelne Bewegungen machen, wenn ihre Wadenmuskeln auf den elektrischen Strom nicht mehr antworten, so könnte man auf den ersten Blick glauben, daß gewisse günstigere Bedingungen, unter denen sich die Zehenmuskeln befinden, Alles erklären, daß z. B. ihre Nervenfasern ihrer Lage wegen später unterliegen.

Allein das Räthselhafte bleibt hierbei, daß sie zu wirken aufzuhören pflegen, wenn man den Wadenmuskel zur Thätigkeit wieder erweckt. Es wäre vielleicht denkbar, daß die Fasern von diesem oberflächlich verlaufen und den Hauptstrom für sich hinwegnehmen. Man sieht aber, daß diese durch Nichts bewiesene Hypothese schon an und für sich auf keiner unzweifelhaften Grundlage ruht.

31) Hat man den Schenkel eines Frosches enthäutet, so findet man nicht selten, daß die entblößten Muskeln fortzittern. Läßt man dann einen galvanischen Strom durchschlagen, so erhält man z. B. eine Verkürzung bei dem Schlusse und eine zweite bei der Oeffnung. Jede von ihnen ist kräftiger als die Wechselkrämpfe, die während des Geschlossenseins der Kette oder nach dem Oeffnen derselben fortdauern.

Es ereignet sich unter den verschiedensten Nebenbedingungen, daß die Wechselkrämpfe nur während des Geschlossenseins oder nur nach dem Oeffnen der Kette auftreten. So sehr nun auch ihr Zustandekommen schwankt, so können wir sie doch durch manche Bedingungen unter günstigen Verhältnissen künstlich hervorrufen. Dieselben Grundanschauungen, die uns bisher geleitet haben, sind auch im Stande, die meisten, wo nicht alle hier möglichen Fälle genügend zu erklären.

Halten wir nämlich an der Ansicht fest, daß eine gewisse Stärke der Gleichgewichtsstörung der Nervenmolecüle nöthig ist, damit eine Zusammenziehung der Muskeln möglich werde, so dürfen wir voraussetzen, daß das Zittern aus einer solchen Molecularveränderung hervorgeht. Ist sie von vorn herein stark genug, so werden die Wechselkrämpfe von selbst auftreten. Ist dieses nicht der Fall, so können anhaltende elektrische Ströme so viel Unruhe hinzufügen, daß endlich die Wechselkrämpfe möglich werden. Sie treten daher hier nur unter dem Einflusse der geschlossenen Kette hervor, sei es, daß sie mit der Oeffnung aufhören oder später noch länger fortdauern.

Wir haben früher gesehen, daß jede der beiden elektrischen Stromesrichtungen, die einen Nerven anhaltend durchfließt, die Nervenmolecüle nach und nach in ihrem Sinne verrückt. Diese Veränderung erfolgt aber in der Regel bei dem Gebrauche schwächerer Ströme so langsam, daß keine Wechselkrämpfe während des Geschlossenseins der Kette zu Stande kommen. Stärkere Ketten, welche die Nervenmolecüle gleichsam stürmischer aufrütteln, oder Nebenverhältnisse, welche ohnedies schon die Ruhe derselben stören, werden jenes Zittern während der Dauer des Geschlossenseins erzeugen.

Wir können uns von vorn herein vorstellen — und die Erfahrung bestättigt es auch —, daß die Gleichgewichtsstörung der Nervenmolecüle, welche die Wechselkrämpfe vorbereitet oder sie ohne den Einfluß eines elektrischen Stromes bedingt, nach zwei verschiedenen Richtungen eben so gut erfolgen kann, wie die, welche aus den beiden entgegengesetzten Stromesrichtungen hervorgeht. Denken wir uns nun z. B., ein galvanisches Präparat, das rasch enthäutet worden, zittere von selbst fort und die Gleichgewichtsstörung der Nervenmoleeüle, welche dieser Erscheinung zum Grunde liegt, stimme mit der, welche der centrale elektrische Strom bewirken kann, überein, so werden die Wechselkrämpfe während des Geschlossenseins des peripherischen Stromes durch Interferenz aufhören oder geschwächt werden. Gesetzt aber, es sei dieselbe Richtung der Gleichgewichtsstörung durch die Nebenverhältnisse gegeben, sie hätte aber nicht Kraf oder Geschwindigkeit genug, um Wechselkrämpfe von vorn herein hervorzurufen, sie bedürfe hierzu der Unterstützung der Elektricität, so werden die Muskeln während des Geschlossenseins des centralen Stromes zittern, mit der Oeffnung desselben aber der Ruhe verfallen.

32) Wenn schwache elektrische Ströme keine Wechselkrämpfe bedingen, so kann man oft genug das Ziel durch stärkere Ketten erreichen. Prüfte ich z. B. den Hüftnerven eines lebenden Frosches mit den Leitungsnadeln und einer schwach mit Kochsalzlösung geladenen Zink-Kohlenkette, so erhielt ich $p = c = B$ bis $C.bi.0.0.$ Nahm ich dagegen eine Batterie von drei gleichen Ketten, die mit so viel verdünnter Schwefelsäure als möglich versehen waren, so zeigte sich im Anfange $p = C.bi.0.0.$ und $c = C.2.zzbi.0.$ und 7 Minuten später $p = B$ bis $C.A.zzbi.0.$ und $c = C.C.zzbi.0.$

Dieses Beispiel lehrt zugleich, daß sich die günstigen Bedingungen des Zitterns mit der Zeit und mit der Erhöhung der Oeffnungswirkung vergrößerten, daß es im Anfange nur bei einer Stromesrichtung und immer nur an den Muskeln des Oberschenkels, welche auch Nebenströme der Elektricität unmittelbar empfangen konnten, eintrat. Alle diese Erscheinungen bestättigten sich auch oft genug in anderen Versuchen.

Wenn übrigens stärkere Ströme die Muskeln während des Geschlossenseins der Kette zittern lassen, so sind zwei Fälle möglich. Es hört nach einiger Zeit auf und der Nerv hat seine Kräfte größtentheils oder gänzlich verloren. Wir können hier voraussetzen, daß die starke Elektrolyse den Nerveninhalt dauernd zerstörte. Greift sie aber nicht so tief ein, so tritt das Zittern hervor, ohne daß die Kräfte des Nerven für immer verändert werden. Er erholt sich in der Ruhe. Seine Thätigkeit kann durch eine andere Elektricitätsrichtung gebessert werden. Wir haben nur eine leichtere Gleichgewichtsstörung ohne durchgreifende chemische Zersetzung.

33) Der Schenkel eines lebenden Frosches oder ein galvanisches Präparat, das sich früher ruhig verhielt, zitterte bisweilen nicht bloß während des Durchganges des elektrischen Stromes, sondern auch noch später. Die Elektricität hat hier den Ausschlag für die schon vorhandene, aber zu schwache Gleichgewichtsstörung gegeben. Man sieht dieses häufig unmittelbar nach der Enthauptung, nach der Zermalmung des Rückenmarkes, nach der Zerrung des Hüftgeflechtes oder des Hüftnerven u. dgl. Dieser Zustand hält aber nur kurze Zeit an. Das Zittern fehlt daher später. Ein enthaupteter Frosch, der z. B. zuerst p oder $c = C.A.zzA.0.$ gegeben, zeigte später p oder $c = C.0.0.0.$ und ein frisches lebhaftes galvanisches Präparat p oder $c = 4.4.zz1.0.$ und in der Folge p oder $c = 4.4.0.0.$

34) Arbeitet man an warmen Tagen oder in einem stark geheizten Zimmer, und schützt den Nerven des galvanischen Präparates vor dem Vertrocknen nicht, so stößt man verhältnißmäßig häufig auf Fälle, in denen Wechselkrämpfe hervortreten. Der Nerv trocknet oft dabei sichtlich aus. Es fiel mir aber auf, daß diejenigen galvanischen Präparate, welche ich in dem Glase s Fig. 362 mit Schwefelsäure oder Chlorcalcium behandelt hatte (S. 643), keine Wechselkrämpfe zeigten.

35) Hat man ein kräftiges Froschpräparat, das von selbst nicht zitterte, dem anhaltenden Einflusse eines centralen Stromes ausgesetzt, so ereignet es sich nicht selten, daß es nach dem Oeffnen desselben von selbst fortzittert. Der peripherische Strom dagegen kann das gleiche Präparat in Ruhe lassen.

Ein galvanisches, unmittelbar nach der Enthauptung bereitetes und mit der Fig. 362 abgebildeten Vorrichtung geprüftes Präparat gab z. B. im Anfange $p = c =$ 4 bis 5 . 4 bis 5.0.0. Ich ließ nun einen peripherischen Strom 15 Minuten lang durchgehen. Es zeigte sich $p = 4$ bis $5.0.0.0.$ und $c = 4$ bis 5 . 4 bis $5.0.0.$ Nun führte ich einen centralen Strom wiederum 15 Minuten durch. Dieser selbst ergab $c = 4$ bis 5 . 4 bis 5 . 0. $zzA.$ Wir können uns diese nachträglichen Zuckungen daraus erklären, daß die noch ziemlich elastischen Nervenmolecüle aus der ihnen längere Zeit künstlich aufgezwungenen centralen Verrückung stürmischer zurückkehrten und eine Zeit lang lebhafter nachschwangen. Wiederholte ich später den gleichen Versuch, so blieben alle Wechselkrämpfe aus, weil indeß die Nervenatome bei dem ferneren Absterben an Schnellkraft oder an Beweglichkeit verloren hatten.

36) Alle Bedingungen, welche die Verwirrung der Nervenmolecüle erzeugen, können auch Wechselkrämpfe hervorrufen. Ich will in dieser Hinsicht nur ein Beispiel der Kürze wegen anführen.

Ein unmittelbar nach der Enthauptung bereitetes galvanisches Präparat lieferte $p = 4$ bis $5.3.0.0.$ und $c = 4.4.0.0.$ Ich ließ nun einen peripherischen Strom 81 Minuten lang durchfließen. Dieser selbst gab $p = 4$ bis $5.0.0.0.$ Wechselte ich aber unmittelbar darauf die Ströme, so erhielt ich $p = \alpha.0.0.0.$ und $c = 4.0.zz1.0.$ Nun ließ ich einen centralen Strom durchfließen. Dieser hatte $c = 4.\alpha.z1.0.$ Das Zucken hielt hier nur etwa in der ersten Minute des Geschlossenseins an. Wechselte ich dann die Ströme unmittelbar nach dem Oeffnen der Kette, so fand sich $c = 0.$ kaum $\alpha.0.0.$ $p = 4$ bis 5 . 4 bis 5 . $z1.0.$ Blieb dann das Präparat 24 Minuten in Ruhe, so hatte es $p = 4$ bis 5 . 4 bis $5.0.0.$ und $c = 0.2.0.0.$

37) Man findet bisweilen, daß das Zittern trotz des Einflusses einer beliebigen Stromesrichtung fortdauert (Nr. 30) oder nur während des Geschlossenseins beider Stromesrichtungen anhält. Die Elektricität ist in dem ersteren Falle nicht im Stande, die durch andere Ursache bedingte Gleichgewichtsstörung aufzuheben. Sie kann sich in dem zweiten Falle nur unter dem Einflusse derselben durch Muskelverkürzungen geltend

machen. Lehrreicher sind die Fälle, in welchen eine Stromesrichtung ihren entschiedeneren Einfluß geltend macht.

38) Ein mit den Leitungsnadeln geprüfter Froschschenkel lieferte z. B. $p = C.a.$ kaum $za.0.c = C.1.zza.0.$, d. h. der peripherische Strom führte nur im ersten Augenblicke, der centrale dagegen während der ganzen Dauer des Geschlossenseins der Kette zu Wechselkrämpfen.

39) Es ereignet sich nicht selten, daß das Zucken nur während der Dauer des Geschlossenseins der Kette in einer Richtung auftritt, in der entgegengesetzten aber mangelt. Ein lebender Frosch zeigte z. B. $p = C$ bis $D.0.0.0.$ und $c = D.0.zzA.0.$ und ein zweiter umgekehrt $p = E.a.za.0.$ und $C = D.0.0.0.$ Der erstere Fall ist mir jedoch bei Weitem häufiger vorgekommen, so daß sich auch hier der Vorzug des centralen Stromes geltend macht.

40) Es kann sich ereignen, daß ein galvanisches Präparat von selbst fortzittert, daß aber diese Wechselkrämpfe während des Geschlossenseins des Stromes in einer Richtung aufhören. Man erhält z. B. $p = 3.3.0.zz1.$ oder $c = 1.3.0.zz1.$ Man wird sich hier vorstellen, daß die ursprüngliche Gleichgewichtsstörung das erste Mal im Sinne des centralen Stromes Statt findet und von dem peripherischen interferirt wird, während der zweite Fall das Umgekehrte darbietet.

41) Man bemerkte bisweilen, daß das Zittern nur während des Geschlossenseins der einen und nur nach dem Oeffnen des entgegengesetzten Stromes eintritt. Ein galvanisches Präparat z. B., in dem ich das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven auf die Nr. 13 erwähnte Weise erhalten hatte und das vor dem Vertrocknen nicht beschützt worden war, lieferte ein Mal $p = 4.3zz2.0.$ und $c = 4.3.0.zz1.$ Wir können uns denken, daß hier eine Gleichgewichtsstörung im Sinne des peripherischen Stromes ursprünglich vorhanden war, daß sie sich aber ihrer Schwäche oder Langsamkeit wegen von selbst nicht geltend machte. Der durchfließende peripherische Strom kam ihr so weit zu Hilfe, daß nun die Muskelzuckungen möglich wurden. Sie verschwanden aber wieder mit dem Aufhören des Stromes, weil diese Unterstützung mangelte und dann eher ein Umschlag zur entgegengesetzten Richtung eintrat. Der centrale Strom blieb daher auch während seines Durchflusses nutzlos. Allein der Umschlag, der sich bei seiner Oeffnung geltend macht, lieferte Kraft genug, damit wieder das Zittern auftreten konnte.

42) Man kann schon mit Recht vermuthen, daß ein Wechsel der Ströme die Stimmung in dieser Hinsicht zu verändern im Stande sein wird. Die Erfahrung bestättigt diese Vermuthung. Ich ließ Ströme 15 Secunden lang durch ein galvanisches, vor dem Vertrocknen nicht geschütztes Froschpräparat durchgehen. Das Präparat ruhte immer 15 Secunden zwischen der letzten Oeffnung der einen und der nächsten Schließung des entgegengesetzten Stromes. Ich erhielt dann die Reihenfolge $c = 3.3zz1.0.$ $p = 3.3.0.zz1.$ und $c = 1.3.0.zz1.$

43) Man begegnet Zwischenfällen, die sich im Wesentlichen auf die eben besprochenen schärferen Verhältnisse zurückführen lassen. Der mit den Leitungsnadeln eines Frosches geprüfte Hüftnerv zeigte z. B. $p = C.a.za.za.$ und $c = D.A.zza.0.$; ein anderer $p = C.0.0.0.$ und $c = C.0.zza.zza.$ u. dgl. m.

44) Es ereignet sich, daß ein galvanisches Froschpräparat, das von selbst fortzittert, während des Geschlossenseins des centralen, wie des peripherischen Stromes ruht, nach dem Oeffnen desselben aber seine früheren Wechselkrämpfe darbietet. Dieser Fall scheint auf den ersten Blick der oben dargelegten Grundansicht zu widersprechen. Eine genauere Betrachtung lehrt jedoch, daß auch hier noch eine Erklärung möglich ist.

Ein frisch bereitetes galvanisches Froschpräparat, das $p = c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$ gegeben, war dem peripherischen Strome 15 Minuten lang ausgesetzt worden. Es zeigte $p = 4$ bis $5.0.0.0.$ und $c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$ Ich ließ nun einen centralen Strom 15 Minuten lang durchfließen. Dieser selbst gab $c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.zzA.$ Wechselte ich unmittelbar darauf die Ströme, so erhielt ich $p = c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.zzA.$, eine Minute später dagegen schon $p = c = 4$ bis 5.4 bis $5.0.0.$ Der anhaltende centrale Schluß bedingte also hier kein Zittern. Es begann aber nach dem Oeffnen, weil die Nervenmolecüle vermöge ihrer Elasticität aus der ihnen aufgezwungenen Lage herausgehen wollten. Nun kam der peripherische Strom dazwischen und interferirte diese noch vorherrschend centrale Wirkung insofern, als jetzt keine Zuckungen Statt fanden. Hörte er auf, so traten diese frei hervor. Mittlerer-

weile hatten sich die Molecüle so weit verrückt, daß ihre Schwankungen mehr im peripherischen Sinne Statt fanden. Es wurde dann möglich, daß jetzt der centrale Strom interferirte und daß nun wieder später Zuckungen im vorherrschend peripherischen Sinne Statt fanden.

Ich gebe zu, daß diese Erklärung etwas Künstliches hat und bin gern bereit, sie mit jeder besseren zu vertauschen. Ich muß überhaupt bemerken, daß ich es bei der oben erwähnten Grundanschauung unentschieden lassen muß, ob die Gleichgewichtsstörung, die in dem centralen oder peripherischen Sinne Statt findet, auf einer Drehung der mit verschiedenen Polaritäten versehenen Nervenatome oder auf einer Veränderung der Polaritäten selbst beruht.

45) Es ist mir häufig genug vorgekommen, daß sich lebende Frösche, die ich mit den Leitungsnadeln prüfte, bei dem Schlusse des ersten peripherischen Stromes ruhig verhielten, sich aber bei dem des nachfolgenden centralen Stromes krümmten oder ihren Schmerz auf irgend eine andere Art zu erkennen gaben. Reflex-Anregungen in dem zweiten Beine oder im übrigen Körper verriethen das Gleiche an enthaupteten Thieren. Alle diese Zeichen fehlen aber oft genug. Sie treten unbeständig auf und mangeln nicht selten, wenn man die Versuche von Neuem wiederholt.

Bedient man sich dagegen des S. 632 beschriebenen Verfahrens, starke Inductionsschläge durchzuleiten, so erhält man schärfere Ergebnisse. Frisch eingefangene und sehr kräftige Frösche schreien so laut und in so grellen Tönen, daß man am Ende Kopfschmerzen bekommt. Minder lebhafte Thiere verrathen ihren Schmerz nicht so nachdrücklich, aber immer noch deutlich genug, um jede Unsicherheit des Urtheils zu beseitigen.

Prüfte ich lebende lebhafte Frösche mit den Leitungsnadeln, die z. B. 25 oder 28 Mm. wechselseitig abstanden, so zeigte sich zuvörderst kein wesentlicher Unterschied, ob der im Augenblicke des Schlusses oder der Oeffnung entstehende Inductionsstrom peripherisch oder central durchging. Der Frosch schrie in den ersten Versuchen nur bei der Oeffnung, nicht aber bei dem Schlusse der Kette. Wiederholte man die Beobachtung eine Reihe von Malen, so trat ein Zeitpunkt ein, in welchem das Thier sowohl bei dem Schlusse, als der Oeffnung, und zwar in beiden Fällen ungefähr gleich laut schrie. Es zeigte sich endlich eine Periode der Ermattung, in welcher keine Schmerzenstöne überhaupt zum Vorschein kamen. Ließ man dann das Thier ausruhen, ehe man wieder die Inductionsströme durchleitete, so wiederholte sich die frühere Reihenfolge. Es zeigte sich aber der Unterschied, daß jetzt die Zeit, während welcher die Oeffnungsströme allein beantwortet wurden, beträchtlich kürzer ausfiel. Das Thier verhielt sich z. B. bei dem ersten Schlusse ruhig, antwortete bei der ersten Oeffnung, schrie von nun an eine Zeit lang bei jedem Schlusse und jeder Oeffnung, bis endlich das völlige Ermattungsstadium nach verhältnißmäßig kürzerer Zeit durchgriff.

Dieselben Inductionsströme, welche hier wirkten, riefen immer nur Oeffnungsschläge in mir hervor. Bedenken wir, daß die mit Salzwasser befeuchtete Oberhaut des Menschen jedenfalls ungünstiger wirkt, als die in den Nerven selbst eingestochenen Metallnadeln, daß der Leitungswiderstand unserer größeren Körpermasse beträchtlicher ist und daß die Hauptströme der Elektricität nicht immer gerade äußere Nervenstämme durchsetzen, so dürfte sich der Unterschied eher erklären.

Wir haben bis jetzt nur die Fälle, in welcher die Elektricität eine größere Nervenstrecke oder eine zweite, innerhalb dieser gelegene durchfließt, betrachtet. Wir müssen nun einige Versuche, in denen ein Nervenstück von einem elektrischen Strome und ein entferntes zweites von einem zweiten Strome berührt wurde, anreihen.

Will ich den lebenden Frosch auf diese Weise prüfen, so steche ich zwei z. B. 5 Mm. abstehende Leitungsnadeln in den Hüftnerven nahe dem Beckendurchgange ein und bezeichne dieses mit $S=5$ Mm. Zwei andere ebenfalls 5 Mm. entfernte Nadeln kommen dicht über dem Kniegelenke zu stehen. Ich nenne dieses $T = 5$ Mm. Beträgt die Entfernung der hintersten Nadel von S und der vordersten von T 14 Mm., so drücke ich dieses durch $D = 14$ Mm. aus. s, t und d bezeichnen das Gleiche für galvanische Froschpräparate, welche dann mit dem Fig. 363 S. 631 dargestellten Zapfen untersucht werden.

46) Machte ich $S = 5$ oder 6 Mm. und $T = 5$ oder 6 Mm., während $D = 16$ oder 14 Mm. betrug, und ließ einen peripherischen oder centralen Strom durch S fließen, während ich T von Zeit zu Zeit prüfte, so erhielt ich ohne Ausnahme Wirkungen,

welche dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven entsprachen, z. B. $p = c = C.0.0.0.$ oder $p = C.A.0.0.$, oder $p = C.ai$ oder $2.0.0$ und $c = C.2.0.0.$ Es wird also das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven nicht aufgehoben, wenn man auch ein dem Rückenmarke näheres Nervenstück einem anhaltenden peripherischen oder centralen Strom aussetzt. Es war hierbei gleichgültig, ob die Kette, die auf *S* wirkte, eben so schwach mit Salzwasser, wie die, welche bei *T* arbeitete, geladen war oder ob sie möglichst viel verdünnte Schwefelsäure enthielt.

Die Quantität der Ausschläge, welche *T* lieferte, litten in keiner beständigen, gesetzlich nachweisbaren Art. Es ist mir nur bisweilen vorgekommen, daß sie sich in einzelnen, jedoch nicht in allen Fällen schwächte, wenn ich zuerst einen peripherischen Strom durch *S* eine Zeit lang hatte fließen lassen und nun einen centralen durchleitete. Es zeigten sich noch kräftige Verkürzungen während der peripherischen Strömung. Die unmittelbar darauf durchgeleitete centrale Strömung bedingte aber bisweilen, jedoch im Ganzen seltener einen Wendepunkt. Die Antworten sanken ein Mal von *B* auf *A* und ein zweites Mal selbst von *C* auf *bi* oder *ai*. Diese quantitative Verminderung der Ausschläge trat in diesem zweiten Falle für die peripherischen Ströme etwas früher als für die centralen ein. Denken wir uns auch, daß *S* auf *T* so wirkte, daß hier eine centrale Gleichgewichtsverrückung Statt fand und daß daher der peripherische Strom entgegen wirkte, so bleibt es doch auffallend, daß sich später z. B. $p = 0$ bis $ai.0.0.0.$ und $c = ai.0.0.0.$ ergab.

47) Ließ ich umgekehrt $T = 5$ Mm. von einem anhaltenden centralen oder peripherischen Strome durchfließen, während $S = 5$ Mm. mit Wechselströmen in Verbindung kam und $D = 12$ Mm. war, so zeigte der Hüftnerv eines lebenden Frosches keine sichtliche Abweichung von dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven. Alle Antworten bestanden in $p = A$ bis $D.0.$, $a.0.0.$ und $c = B$ bis $D.0$, a oder $1.0.0.$ Die anhaltende Strömung mochte central oder peripherisch sein und 10 oder 20 Minuten gedauert haben.

48) Ich habe diese Versuche nur in geringer Zahl an galvanischen Froschpräparaten wiederholt. Machte ich $s = 5$ Mm., $d = 19$ Mm. und $t = 5$ Mm. und ließ s peripherisch oder central geschlossen, so konnte ich bis jetzt keine entschiedene Wirkung auf die Stimmung von t bemerken.

49) Hielt ich umgekehrt t in einer Stromesrichtung geschlossen, während ich s wechselte, so bekam ich dann entweder gar keine oder bedeutend geschwächte Zuckungen. Das untere anhaltend durchflossene Stück hinderte augenblicklich die Wirkungen des oberen. Dieses hatte dagegen seinen Einfluß unmittelbar nach der Oeffnung der zweiten Kette wiedergewonnen.

s allein gab z. B. $p = c = 4.1.0.0.$ und t allein $p = 4.1.0.0.$ $c = 4.4.0.0.$ Blieb nun t eine Minute lang peripherisch geschlossen, so zeigte sich indeß für s die Reihenfolge: $p = 1.\alpha.0.0.$ $c = \alpha.1.0.0.$ $p = 1.0.0.0.$ $c = 0.0.0.0.$ $p = c = 0.0.0.0.$ Wurde nun t geöffnet, so gab s unmittelbar darauf $p = 3.1.0.0.$ $c = 1.1.0.0.$ $p = 3.3.0.0.$ $c = 0.1.0.0.$ Schloß ich t von Neuem peripherisch, so gab jetzt s sogleich $p = c = 0.0.0.0.$ Der centrale anhaltende Schluß von t lieferte das gleiche Ergebniß. Es erklärt sich aus den bald zu erwähnenden Einflüssen, welche die Oertlichkeit des angesprochenen Nervenstückes ausübt.

50) Nennen wir 5 auf einander folgende Stücke des Hüftgeflechtes und der Hüftnerven f, g, h, i und k, so daß f dem mittleren Theil des Hüftgeflechtes und k der Gegend des Knies angehört, so findet man als Regel, daß h, i, k stärkere Ausschläge, als f und g unter sonst gleichen Verhältnissen liefert. Ein galvanisches Froschpräparat hatte z. B. $f = 5$, $g = 6$, $h = 7$, $i = 6$ und $k = 5$ Mm. Die erste Prüfung ergab dann $c = 0.2.0.0.$ für f, $c = 2$ bis $3.2.0.0.$ für g, $c = 3.0.0.0.$ für h, $c = 2.3.0.0.$ für i und $c = 3.2.0.0.$ für k, $p = \gamma.\gamma.0.0.$ für f, $p = \beta.\beta.0.0.$ für g, $p = 3.\alpha.0.0.$ für h, $p = 3.3.0.0.$ für i und $p = 3.3.0.0.$ für k. Sinkt die Empfänglichkeit, so fehlen die Zuckungen für f und g, während sie noch die längste Zeit für h, i und k fortdauern. Dieses Resultat ändert sich nicht, man mag die einzelnen Nervenstücke in der Richtung von k nach f oder von f nach k durchprüfen.

Wir sehen hieraus, daß wahrscheinlich der physiologische Leitungswiderstand mit der Entfernung der angeregten Nervenstelle von den Muskeln oder mit der Länge der frei zu durchlaufenden Nervenbahn zunimmt. Tritt ein elektrischer Strom in f ein oder aus

ihm heraus, so muß sich die Veränderung der Nervenmolecüle durch *g*, *h*, *i*, *k* und noch weiter fortpflanzen. Geht nun ein anhaltender centraler oder peripherischer Strom gleichzeitig durch *k*, so erhält er die Molecüle von *k* in seinem Sinne verrückt. Die von *f* herabkommende Veränderung, die einem größeren physiologischen Leitungswiderstand begegnet, ist nicht im Stande, eine neue Verrückung zu erzeugen. Wir können uns die unter Nr. 49 erwähnten Ergebnisse auf diese Weise erklären.

51) Wenn ich die einzelnen Stellen *f*, *g*, *h*, *i* und *k* in heißen Sommertagen an frisch bereiteten galvanischen Froschpräparaten durchprüfte, so ereignete es sich nicht selten, daß ein oberes Stück des Nerven eine zum Theil andere Grundstimmung, als ein unteres darbot. Der Abschnitt, der den Muskeln am nächsten lag, zeichnete sich hierdurch vorzugsweise aus. Ein Präparat ergab z. B. $p = c = 2.3.0.0$ für *f*, $p =$ kaum α. kaum $\alpha.0.0.$ und $c = 0.3.0.0$ für *g*, $p = 3.0.0.0.$ und $c = \alpha.3.0.0.$ für *h*, $p = 3.3.0.0$ und $c = 1.3.0.0$ für *i* und $p = 3.3.0.0.$ und $c = 3.1.0.0.$ für *k*.

52) Obgleich der dem Muskel nähere Abschnitt des Nerven vor dem entfernteren den Vorzug zu haben pflegt, so kann sich doch auch ausnahmsweise das Umgekehrte, wie das vorige Beispiel lehrt, vorzüglich bei noch kräftigern Froschpräparaten wiederholen. Es ereignet sich in seltneren Fällen, daß ein längeres Nervenstück augenblicklich unvollständigere Erfolge, als jedes seiner Bestandtheile liefert. Der Nr. 51 angeführte Froschschenkel gab z. B. $c = 3.1.0.0.$ $p = 2.2.0.0.$ für *k*, $p = 2.0.0.0.$ $c = 0.2.0.0.$ für $i + k$, $p = 2.2.0.0.$ $c = 0.2.0.0$ für *i*, $c = 3.1.0.0.$ $p = 1.3.0.0.$ für *k* und $p = 2.0.0.0.$ $c = 0.1$ bis $2.0.0.$ für $i + k$. Ich muß es vorläufig dahin gestellt sein lassen, ob diese Ausnahmen in den Molecularverhältnissen des Nerven (der Sommerfrösche) oder in den Nebenumständen der elektrischen Durchleitung begründet waren.

Was die Säugethiere betrifft, so habe ich mich bis jetzt nur überzeugt, daß das oben erwähnte Zuckungsgesetz des lebenden Nerven auch hier wiederkehrt. Stach ich die Leitungsnadeln in der Gegend der Austrittsstelle des Antlitznerven aus dem Griffelloche oder in die des Hüftnerven in Kaninchen ein, so erhielt ich mit schwachen Zink-Kohlenketten $p = c = D.0.0.0.$ oder in ungünstigeren Fällen $p = c = D.B.0.0.$ Ebenso gehört hierher die bekannte Erfahrung, daß der Schließungsschlag einer galvanischen Kette stärker, als der Oeffnungsschlag ausfällt. Sehr starke Säulen liefern wiederum doppelte Zuckungswirkungen. Ich kann dagegen die übrigen, die Säugethiere betreffenden Verhältnisse wegen vorläufigen Mangels eigener Untersuchungen nur nach den Erfahrungen Anderer anführen.

Der bloßgelegte Hüftnerv des Kaninchens, der empfindende und bewegende Fasern zugleich enthält, giebt im Anfange nach Matteucci [1]) doppelte und später gleichartige einseitige Wirkungen. Er verhält sich also, wie die Mehrzahl der kräftigen Froschpräparate. Die Aetherbetäubung ändert dagegen die Antworten nach jenem Forscher [2]). Hat man nämlich ein Kaninchen durch Aether theilweise unempfindlich gemacht und läßt dann einen peripherischen Strom durch den einen und einen centralen durch den zweiten Hüftnerven fließen, so erhält man Schmerzenslaute bei dem Eintritte und Zuckungen bei dem Austritte des peripherischen Stromes. Die Zusammenziehungen zeigen sich dagegen nur bei dem Schlusse und nicht bei der Oeffnung des centralen Stromes. Es würde daher die Aetherbetäubung die gleichartige Wirkung in die ungleichartige umwandeln. Aetherisirte Frösche bieten diese Erscheinung nicht dar.

Matteucci und Longet [3]) prüften auch die vorderen Nervenwurzeln der Hinterbeine von Kaninchen, Hunden, Pferden und Fröschen. Sie antworteten im Anfange mit doppelten Wirkungen. Die Verkürzungen zeigten sich aber später nur bei der Oeffnung des peripherischen und der Schließung des centralen Stromes. Sie fielen in dem letzteren Falle kräftiger aus. Die vorderen und die seitlichen Stränge des Rückenmar-

---

[1]) C. Matteucci, Traité des phénomènes electro-physiologiques des animaux. Paris 1848. 8. p. 199 — 202.

[2]) C. Matteucci, in den Philosophical Transactions. Part. II. for 1847. London 1847. 4. pag. 248.

[3]) C. Matteucci u. A. Longet, in den Annales de Chemie. Troisième Série. Tom. XII. Paris 1844. 8. p. 574 — 78.

kes führten zu den gleichen Ergebnissen. Diese Theile und die rein bewegenden vorderen Nervenwurzeln würden hiernach ungleichartige, der gemischte Hüftnerv dagegen gleichartige Wirkungen darbieten. Hat man das Kaninchen mit Aether betäubt und die vorderen Wurzeln von dem Rückenmarke losgeschnitten, so kehren sich auch hier die Verhältnisse nach Matteucci um, d. h. der ungleichartige Erfolg verwandelt sich in einen gleichartigen.

Die Versuche, welche man bis jetzt über die Einflüsse der elektrischen Stromesrichtungen auf die Sinne anstellte, mußten schon deshalb unvollständig bleiben, weil man hier die Elektricität nur durch zahlreiche fremdartige Theile durchleiten und ihre Bahn in keinem gegebenen Sinne auf den Nerven allein beschränken kann. Elektrolytische Wirkungen sind überdies im Stande, die Geschmacksempfindungen zu täuschen. Gefühlseindrücke können die Wahrnehmungen der höheren Sinne verdrängen. Brachte Purkinje den Kupferdrath einer galvanischen Säule in den Mund und den Zinkdrath an den Augapfel, so kehrten sich die Farben der galvanischen Lichtfigur bei dem Oeffnen der Kette im Verhältniß zu denen, welche die Schließung erzeugt hatten, um. Der centrale Strom lieferte ein lebhafteres Licht, als der peripherische. Dieser erzeugt dagegen größere Schmerzen, wenn selbst keine merklichen Muskelzuckungen die Ergebnisse trüben [1]).

Fassen wir Alles zusammen, so können wir annehmen, daß der Be- 4615
wegungsnerv nur dann Verkürzungen und der Empfindungsnerv Eindrücke anregt, wenn eine Molecularveränderung, die eine gewisse unwirksame Größe überschreiten muß, in den peripherischen oder centralen Enden oder in dem ganzen Verlaufe des Nerven durchgreift. Wirkt eine hinreichend kräftige Erregung auf einen Abschnitt der Nerven, der von der Endigung desselben entfernt liegt, so werden zwar zunächst nur die Atome dieses Stückes in Unruhe versetzt. Es pflanzt sich aber die Veränderung von Molecül zu Molecül fort, bis sie, wenn sie kräftig genug ist, die entsprechende Wirkung hervorruft. Diese Fortleitung setzt dreierlei Bedingungen voraus. 1) Die Atome müssen ihren natürlichen, von vorn herein gegebenen Zusammenhang bewahren. Es wird daher die Leitung mittelst der Durchschneidung unterbrochen. 2) Sie müssen ihre regelrechten Eigenschaften besitzen. Es wirkt daher jeder tiefere chemische Eingriff, wie die mechanische Trennung. 3) Sie dürfen in keiner Spannung, welche ihre Beweglichkeit hindert oder aufhebt, erhalten werden. Ein abgleitender elektrischer Strom, der eine centralere Stelle des Hüftnerven trifft, ruft daher keine Verkürzungen hervor, wenn ein peripherischerer Abschnitt von einem anhaltenden Strome gleichzeitig durchflossen wird. Heben wir diesen letzteren auf, so kehren die Verkürzungen auf der Stelle wieder (S. 655).

Soll jene Molecularveränderung zu Stande kommen, so bedarf es einer gewissen wenn auch nur sehr kurzen Zeitdauer der Anregung. Es kann daher der Schenkel ruhig bleiben, wenn wir den Hüftnerven allzurasch durchschneiden. Denken wir uns die Einwirkung des elektrischen Stromes unter dem Bilde einer mechanischen Wirkung, so hängt sein Einfluß von der Geschwindigkeit der Verrückung der Nervenatome ab. Der Eintritt und der Austritt desselben besteht darin, daß die Elektricität von Null auf eine gegebene Höhe in kurzer Zeit steigt oder in umgekehrter Richtung fällt und daß diese plötzliche Veränderung an allen Punkten des

[1]) Du Bois, a. a. O. S. 339 fgg. u. S. 358.

Durchganges fast augenblicklich zu Stande kommt. Diese größere Schnelligkeit der Veränderung bedingt es auch, daß wir die Zuckungen bei dem Schlusse und der Oeffnung am Leichtesten erhalten. Sie steigen daher mit der Menge der Elektricität, welche in einer gegebenen Zeiteinheit abgleitet. Der Durchgang des Stromes der anhaltenden Kette besteht dagegen in langsameren oder weniger entschiedenen Veränderungen. Es kommen daher dann nur Verkürzungen zu Stande, wenn die Atome des Nerven eine besondere Beweglichkeit besitzen oder wenn tiefere elektrolytische Eingriffe chemische Erfolge nach sich ziehen.

Sobald sich der örtlich erregte Reiz von Molecül zu Molecül fortpflanzt, so verräth sich hierbei ein physiologischer Leitungswiderstand, der mit der Länge der Nerven zunimmt. Es befinden sich deshalb die den Muskeln näher gelegenen Abschnitte unter sonst gleichen Verhältnissen im Vortheil. Trifft dieselbe örtliche Erregung eine größere Summe von Nervenatomen, so wächst auch die Wirkung. Es wird der gleiche Leitungswiderstand eher überwunden und der Erfolg selbst vergrößert. Es wächst daher die Wirkung mit der Länge des von dem elektrischen Strome durchflossenen Nervenstückes.

Was wir die Stimmung eines peripherischen Nerven nennen, ist nur der Ausdruck eines gegebenen Molecularzustandes desselben. Der lebende Nerv zeichnet sich dadurch aus, daß er aus dem durch einen elektrischen Eingriff ihm aufgedrungenen Verhältnisse in seinen ursprünglichen Zustand mit großer Kraft und Schnelligkeit zurückzukehren sucht. Wir können wahrscheinlich hieraus das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven für schwache Ströme (S. 634) erklären. Der Einbruch des Stromes, die plötzliche Steigerung von Null bis zu einer gegebenen Elektricitätsgröße bedingt eine schnelle Molecularverrückung, welche die Zusammenziehung erzeugt. Die Atome kehren aber sogleich in ihre frühere Lage zurück, so daß der schwache Strom während seiner Dauer und bei seinem Austritte keine hinreichend durchgreifendere Veränderung mehr bedingt. Wenn stärkere Ströme doppelte Wirkungen hervorrufen, so können wir uns vorstellen, daß sie die durch das Beharrungsvermögen gegebenen Widerstände der Nervenmolecüle bei dem Ausbruche der Elektricität überwinden. Wir haben endlich gesehen, daß Verletzungen, die eine Stelle des Verlaufes des Nerven getroffen haben, diesen selbst zu doppelten Wirkungen in der ersten Zeit geneigter machen. Der Eingriff, der eine Molecularverrückung an und für sich bedingt, erniedrigt im Anfange das Beharrungsvermögen, das den Nervenmolecülen ursprünglich gegeben war.

Die Zerrungen, denen der Hüftnerv bei der gewöhnlichen Zubereitung der galvanischen Präparate unterworfen wird, ändern seinen Molecularzustand so wesentlich, daß sich dann andere Atomenverhältnisse als im lebenden Nerven verrathen. Dieser unterscheidet nicht zwischen beiden elektrischen Stromesrichtungen. Ein anhaltender Strom drückt ihm nicht so leicht bestimmte Merkmale auf. Die Elasticität, mit der seine gleichsam indifferent zur Längsrichtung gelagerten oder beschaffenen Atome in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren, können beide Eigenschaften

erklären. Der Nerv des gewöhnlichen galvanischen Präparates dagegen hat eine von zwei verschiedenen Stimmungsarten, die wir als die centrale und als die peripherische bezeichnet haben und welche sich durch die Verschiedenheit der Einwirkung des centralen und des peripherischen Stromes verrathen (S. 638 fgg.). Ist dieses der Fall, so können die Zuckungen unter zweierlei Grundbedingungen auftreten. 1) Jede der beiden Stromesrichtungen hat einen bestimmten Augenblick des Eintrittes oder des Austrittes, in dem sie eine Verkürzung hervorruft. 2) Greift das, was wir mit dem Ausdrucke der Verwirrung der Molecularverhältnisse belegt haben (S. 647.) durch, so können auch die Zuckungen in den entgegengesetzten Zeiten erscheinen. Es hängt dann von der Schnelligkeit der Gegenwirkung der Molecüle des Nerven ab, ob diese ausnahmsweisen Zuckungen neben den ersteren oder allein zu Stande kommen (S. 648.).

Wenn die langsamere oder für jede kleine Zeiteinheit gleichförmigere Wirkung eines anhaltenden galvanischen Stromes keine Zusammenziehungen unter den gewöhnlichen Verhältnissen bedingt, wenn sich hierbei die Atome des Nerven des Froschpräparates nur allmählig verrücken und deshalb das Ganze endlich einen bestimmten Charakter verräth, so werden auch die Wechselkrämpfe während der Dauer des Kettenschlusses zu Stande kommen, sobald die Molecüle eine besondere Beweglichkeit besitzen (S. 651). Die Richtung ihrer Grundstimmung entscheidet es dann, ob der centrale oder der peripherische Strom leichter zum Ziele gelangt.

Man kann sich hiernach vorstellen, daß die verschiedenen Artwirkungen der elektrischen Ströme von den Richtungen und den Geschwindigkeiten der Veränderung der Nervenatome abhängen. Die Grundstimmung, auf der die Erfolge hier fußen, ist von der Quantität der Reizbarkeit wohl zu unterscheiden. Der Nerv kann die Eigenschaften der lebenden Nerven bis zu den letzten Spuren der Empfänglichkeit beibehalten (S. 638.). Wenn zwei Froschpräparate entgegengesetzte einseitige Stimmungen darbieten, so kann wahrscheinlich der centrale Strom dieselbe Verkürzungsgröße des einen bei dem Oeffnen der Kette, wie der peripherische von gleicher Abgleitung in dem anderen bei dem Schlusse derselben bedingen.

Man prüft gewöhnlich die Froschpräparate in der Art, daß man den einen Poldrath der galvanischen Kette centraler und den zweiten peripherischer anlegt. Es wird mithin dann eine gewisse Länge der Nervenprimitivfasern von der Elektricität durchflossen. Wenn hierbei verschiedene einseitige Erfolge nach Maaßgabe der beiden entgegengesetzten Stromesrichtungen auftreten und dieses von dem Längsverlauf derselben wesentlich abhängt, so müßten wir indifferente Erscheinungen erhalten, wenn die Ströme in Wegen dahin gehen, welche genau quer oder senkrecht auf der Längsrichtung gestellt sind. Es müßten dann entweder nur die Einseitigkeit oder jede Zusammenziehung hinwegfallen. Legt man die beiden Leitungsnadeln an den Hüftnerven des Frosches so an, daß sie seine Längenachse möglichst senkrecht schneiden, so erhält man nicht selten schwächere Zuckungen, nicht aber immer doppelte Wirkungen. Es wäre jedoch trotz dieses Ergebnisses möglich, daß die vollkommen quere Richtung keine Verkürzungen bedingt. Da nicht alle Fasern des Hüftnerven genau parallel verlaufen, so fällt auch nicht die quere Richtung des ganzen Nerven mit der jeder einzelnen Faser zusammen. Wäre aber auch dieses nicht der Fall, so haben wir in jenem Versuche keinen einfachen queren Strom, sondern noch eine Reihe bogenförmiger Strömchen, von denen viele die Primitivfasern schief treffen, d. h. mit einer gewissen, der Längenachse entsprechenden Componente angreifen werden. Sollte

in der That die Zusammenziehung stärker ausfallen, wenn die gleiche Nervenbahn der Länge nach, als wenn sie der Quere nach unter denselben Verhältnissen angeregt würde, so wäre dieses ein Wahrscheinlichkeitsgrund für jene Hypothese.

Man hat oft die Aehnlichkeiten, welche das Verhalten des Nerven zur Elektricität mit den Inductionserscheinungen darbietet, mehrfach hervorgehoben. 1) Wenn ein inducirender Strom einen inducirten erregt, so tritt dieser nur im Augenblicke des Schlusses und in dem der Oeffnung, nicht aber während der Dauer der Schließung hervor. Gewöhnliche Präparate, welche doppelte Wirkungen und keine Wechselkrämpfe darbieten, zeigen das Gleiche. Die Angabe, daß entgegengesetzte Farbenbilder bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette entstehen, könnte auch hierher gezogen werden. 2) Beide hängen nicht sowohl von der absoluten Menge der anregenden Elektricität, als von den Schwankungen derselben in einer Zeiteinheit, von der Schnelligkeit und der Art der Ableitung ab. Diese können zwischen Null und einer gegebenen Stromstärke oder zwischen zwei ungleichen Stromstärken dahingehen. 3) Der Inductionsstrom, der im Augenblicke des Schlusses entsteht, hat eine dem inducirenden Strom entgegengesetzte Richtung, während sich für die Oeffnung das Umgekehrte zeigt. Wechselt man die Richtung des inducirenden Stromes, so wird jetzt die des inducirten Schließungsstromes mit der des früheren Oeffnungsstromes übereinstimmen. Die gewöhnlichen Froschpräparate, welche die beiden Stromesrichtungen in verschiedener einseitiger Weise beantworten, zeigen etwas Aehnliches. 4) Wenn ein Stück des Nerven von einem anhaltenden galvanischen Strome durchflossen wird, so befinden sich die Molecüle desselben in einem eigenen Spannungszustande. Die von Faraday entdeckte Veränderung der optischen Eigenschaften der den Elektromagneten ausgesetzten Körper deutet auf einen ähnlichen, elektrotonischen Zustand. 5) Die Induction wächst mit der Länge des der inducirenden Ursache gleichförmig ausgesetzten Leiters und die Nervenwirkung mit der der durchflossenen Bahnstrecke des Nerven [1]).

So groß auch diese Aehnlichkeiten sind, so verrathen doch die einseitigen Wirkungen der Nerven manche Eigenthümlichkeiten, welche auf besondere Verhältnisse hindeuten. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven kennt keinen wesentlichen Unterschied der anregenden Stromesrichtungen, so lange die Erregungsursache eine gewisse Größe nicht überschreitet. Die unter Nr. 3 erwähnte Analogie mit den einseitigen entgegengesetzten Wirkungen der gewöhnlichen galvanischen Präparate paßt auch nur zum Theil. Es scheint dagegen allerdings die sichtliche Wirkung von der Geschwindigkeit der Veränderung der erregenden Ursache in beiden Fällen abzuhängen. Fehlt dieses Moment der Veränderlichkeit oder greift es nicht schnell genug ein, so erzeugt sich eine Spannung, die häufig unmittelbar keine Zusammenziehung zur Folge hat, sich aber oft auch nach dem Aufhören des anhaltenden Eingriffes eine Zeit lang in dem Nerven forterhält.

Hängt man einen Körper an einem langen Faden zwischen den Polen eines sehr kräftigen Elektromagneten auf, so kann er seine Stellung in einer von zweierlei Arten ändern. Ist er magnetisch, so nimmt er eine Richtung an, welche der Verbindungslinie der beiden Pole entspricht. Ist er hingegen diamagnetisch, so daß er nicht angezogen, sondern abgestoßen wird, so sucht er sich senkrecht auf jene Verbindungslinie zu stellen.

Zantedeschi [2]) hat die Bemerkung gemacht, daß die Nerven, die Muskeln, das Blut, die Knochen und die Eier zu den diamagnetischen Körpern gehören. De la Rive und Brunner [3]) erhielten das gleiche Ergebniß an einem ganzen lebenden Frosche, den sie so festgebunden hatten, daß sich das Thier nicht willkührlich bewegen konnte. Sie schlossen hieraus, daß keine merklichen elektrischen Ströme oder nur solche, die sich gegenseitig aufheben, in dem lebenden Geschöpfe vorhanden sind. Dieses müßte sonst magnetisch und nicht diamagnetisch sein. Da übrigens das Wasser zu den diamagnetischen Körpern gehört, so bleibt noch zu untersuchen, wie sich in dieser Hinsicht die vollkommen trockenen thierischen Theile verhalten.

Wir haben §. 3912 gesehen, daß viele thierische Gewebe zu den doppelbrechenden Substanzen gehören. Die Nerven sowohl als die Muskeln besitzen nach Erlach diese

---

[1]) Du Bois, a. a. O. S. 301 — 303 u. 417.

[2]) Zantedeschi, in l'Institut. Nro. 744. Paris 1848. Fol. p. 102.

[3]) C. Brunner, Sohn, in den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1847. S. 81 — 83.

Eigenschaft. Es wird sich wahrscheinlich die Polarisationsebene drehen, wenn ein elektrischer Strom durch jene Gebilde hindurchgeht. Nähere Untersuchungen fehlen in dieser Hinsicht gänzlich. Es fragt sich hierbei, ob ein Wechsel der optischen Eigenschaften nur die elektrische oder jede andere wirksame Erregungsart begleitet, ob er nur in den Muskeln, so lange ihre Verkürzung und der dadurch bedingte Wechsel des Molecularzustandes dauert, oder auch in den Nerven auftritt, und ob der physiologische Spannungszustand, den diese nach anhaltenden elektrischen Strömen zurückbehalten, mit einer Veränderung der optischen Verhältnisse verbunden ist.

Sollen sich die Vorzüge, der sich die Gebilde des lebenden Körpers 4616 erfreuen, erhalten, so darf weder die Zufuhr des Blutes (§. 4484.), noch der natürliche Zusammenhang der entsprechenden Nervenmassen (§. 2262.) aufgehoben sein. Diese beiden Bedingungsglieder wirken aber in verschiedener Weise. Die Bewegung der Hinterbeine wird kurze Zeit nach der Unterbindung der Aorta gestört. Die Möglichkeit der Verkürzung dagegen hört nach der Trennung des Hüftnerven um Vieles später auf. Jene Erscheinung beruht auf einer vorübergehenden Molecularveränderung, welche die Zufuhr neuen Blutes rasch beseitigen kann, diese dagegen auf einer tiefen, allmählig eingeleiteten Entartung, deren Heilung auch längere Zeiträume fodert.

Hatte Brown-Séquard [1]) den Hüftnerven von Kaninchen oder Meerschweinchen durchschnitten, so zeigte sich, daß zuerst der Nerv, nicht aber die Muskeln ihre Empfänglichkeit verloren. Diese ging aber drei Stunden, nachdem die Bauchaorta unterbunden worden, ebenfalls zu Grunde. Wurde der Blutlauf von Neuem freigegeben, so kehrte auch die Verkürzungsfähigkeit der Muskeln binnen Kurzem wieder.

Der Mangel der Zufuhr des Blutes stört unzweifelhaft die Molecularverhältnisse der Nerven [2]) und der Muskeln. Es läßt sich aber für jetzt nicht entscheiden, ob die Schnelligkeit, mit der dann die Muskeln ihre Beweglichkeit einbüßen, nur von der veränderten Beschaffenheit der Muskelfasern oder dieser und der in ihnen enthaltenen Nerven herrührt.

Ist der Hüftnerv durchschnitten worden, so schwindet in der Regel die Empfänglichkeit in der Richtung von dem Hauptstamme nach den Verzweigungen, oder in centrifugaler Bahn (§. 2266.) [3]). Man kann sich dieses auf rein mechanische Weise erklären. Die feinsten Blutgefäße des Nerven streichen mit ihren Hauptstämmchen der Länge nach und verbinden sich dann häufig durch schiefe oder quere Aeste unter einander. Die vollständige Trennung des Nerven hebt den Blutlauf in einem wenn auch kleinen Bezirke auf. Der Nerveninhalt quillt leicht an den Querschnitten hervor. Er kommt hier mit fremdartigen Ablagerungen, welche die Verwundung nach sich zieht, in Berührung. Alle diese Erscheinungen werden daher jedenfalls die Beschaffenheit der Nervenmolecüle in der nächsten Nähe der Verletzung ändern. Greift nun der schädliche Einfluß der auf diese Art erkrankten Theile des Nerven auf die Nachbarstücke so tief ein, daß auch diese trotz der günstigeren Kreislaufsverhältnisse entarten, so wird diese Veränderung centrifugal fortschreiten. Die Fasern, die in den Muskeln verborgen liegen, leisten vielleicht deshalb einen stärkeren Widerstand, weil sie hier unter günstigern, durch die Verbreitung der Haargefäße in den Muskeln bedingten Ernährungsverhältnissen stehen.

Man sieht leicht, daß ähnliche Veränderungen des Nervenmarkes auch in dem centralen Abschnitte des Hüftnerven zu Stande kommen müßten. Sie würden sich hier centripetal verbreiten. Die physiologische Prüfung könnte natürlich diese Erscheinungen für die bewegenden Nerven nicht verrathen. Da aber der centrale Abschnitt veränderte

---

[1]) Brown-Séquard, bei F. M. Kilian, Versuche über die Restitution der Nervenerregbarkeit nach dem Tode. Giessen 1847. 8. S. 15.

[2]) Kilian, a. a. O. S. 16 fgg.

[3]) Vergl. auch Stannius, in Müller's Archiv. 1847. S. 454 — 56.

Primitivfasern, wenn auch in geringerer Menge, ebenfalls darbietet (Bd. I. S. 717.), so dürfte jene Auffassungsweise an Wahrscheinlichkeit gewinnen.

Es wurde schon §. 2189 angeführt, daß die Empfänglichkeit des bewegenden Nerven eines Froschpräparates ebenfalls in centrifugaler Richtung verloren geht. Longet und Matteucci [1]) geben an, daß überdies die empfindenden Fasern ihre Fähigkeiten in centripetaler Richtung verlieren. Hat man eine Stelle eines nicht durchschnittenen Nerven galvanisch anhaltend gereizt, so können sich beide Fälle kund geben, ohne daß das Ganze etwas mehr als Schein ist. Denken wir uns, die elektrischen Ströme hätten die Strecke, die zwischen den beiden Leitungsdräthen lag, nachdrücklich zerstört, so wird ein höherer Punkt nur Empfindung und ein tieferer nur Bewegung zu Stande bringen können, wenn selbst oben und unten die Empfänglichkeit in allen Fasern beibehalten worden. Wollte man warten, bis die Erregbarkeit den nöthigen Grad von Schwäche erreicht hat und dann einen Empfindungsnerven in centrifugaler und einen bewegenden in centripetaler Richtung von Stelle zu Stelle mit einem nicht anhaltend nachwirkenden Reize prüfen, so daß die ersten Versuche die günstigsten Ergebnisse lieferten, so ließe sich einwenden, daß die dem Rückenmarke näheren Punkte des centripetalen und die den Muskeln näheren centrifugalen Fasern ihre günstigeren Erfolge ihrer Lage allein verdankten. Die Veränderungen, welche der örtliche Reiz erzeugt, müssen sich von Stelle zu Stelle fortpflanzen. Diese Mittheilung kann aber mit zunehmender Länge des Weges erschwert werden [2]). Es muß der physiologische Leitungswiderstand zunehmen (S. 655.).

Die peripherischen Endstücke eines Nerven erfreuen sich jedenfalls gewisser Nebenvortheile, welche ihnen eine größere Lebensdauer zusichern. Ihre Umgebung schützt sie mehr vor den Einflüssen der Luft und denen der Verdunstung. Sie werden von der Ernährungsflüssigkeit reichlicher und gleichförmiger umspült. Die in der Mitte eines Nervenstammes verlaufenden Fasern bieten ähnliche Vortheile im Vergleich zu denen, die an der Oberfläche liegen, dar. Man sieht leicht, daß schwankende Ergebnisse hierdurch möglich werden. Jene Erscheinungen erklären es, weshalb ein in der Muskelmasse verborgener Nervenzweig seine Empfänglichkeit länger zu bewahren pflegt, als der freiere Hauptstamm. Bedenken wir noch, daß die Menge des Nervenmarkes in der Muskelsubstanz selbst wahrscheinlich zunimmt, so sieht man ein, weshalb der elektrische Anspruch von Nerv und Muskel oder von diesem allein die Verkürzungserscheinungen bis zu den letzten Augenblicken der Empfänglichkeit möglich macht.

Eine Thatsache, die jedoch auch anders gedeutet werden kann, würde darthun, daß die Endgeflechte des empfindenden Nerven ähnliche Vortheile darbieten. Die Reizung einer dem Rückenmarke näher oder entfernter gelegenen Hautstelle führt leichter zu Reflexbewegungen, als die des Nervenstammes.

Hat man eine Stelle des Hüftgeflechtes des Frosches eine Zeit lang galvanisirt so antworten die ihm entsprechenden Theile nicht mehr auf den Anspruch des Rückenmarkes. Prüft man dagegen den Nerven oberhalb der früheren Anspruchsstelle, so kommen bisweilen noch nach Kilian [3]) Bewegungen zum Vorschein. Man kann sich den Unterschied aus zweierlei Gründen erklären. Die Gesammtsumme der Nervenfasern wird in dem letzteren Falle auf ein Mal angegriffen. Der physiologische Leitungswiderstand fällt übrigens geringer aus (S. 655.). Es beruht wahrscheinlich auf ähnlichen Ursachen, wenn ein Zeitraum der Wiedererzeugung der peripherischen Nerven eintritt, in dem die Ansprache von diesen mit Verkürzungen beantwortet wird, der Wille selbst aber die Muskeln noch nicht beherrschen kann.

Ein erschöpfter Bewegungsnerv hat längere Zeit zu seiner vollständigen Erholung nöthig, als ein kräftiger. Die letzten Spuren der Empfänglichkeit verlieren sich aber langsamer, als die höchsten Grade der Erregbarkeit. Beide Erscheinungen erinnern an die Verhältnisse, welche die elastischen Körper bei ihrer Ausdehnung zeigen (§. 2756 fgg.).

4617 Obgleich einzelne Nerven gewisse anatomische und physiologische Eigenthümlichkeiten darbieten, so hängt die Wirkung, durch die sich ihre Thä-

[1]) Matteucci, Traité. p. 206.
[2]) Kilian, a. a. O. S. 21. Du Bois, a. a. O. S. 322.
[3]) Kilian, a. a. O. S. 25.

tigkeit von denen anderer Nerven unterscheidet, nicht von den Nervenstämmen, sondern von den Geweben, mit denen ihr Ende und ihr Anfang verbunden sind, ab. Die Nervenfaser liefert oder leitet eine passende Anregung zu gewissen mit ihr verknüpften Gebilden, welche jene in einen ihrem Baue entsprechenden Ausschlag übersetzen. Die Bewegungswerkzeuge sprechen am Deutlichsten für diese Vorstellungsweise. Manche Empfindungserscheinungen können unter dem gleichen Gesichtspunkte am Einfachsten erklärt werden.

Die in der Nasenschleimhaut enthaltenen Fasern des Riechnerven zeichnen sich durch ihre weichen und undurchsichtigen Hüllen, die des Sehnerven durch ihre Feinheit und ihre starken Scheiden und die des Hörnerven durch ihre beträchtlichen Querdurchmesser aus. Die bewegenden Nerven besitzen viele sehr breite Primitivfasern. Feinere Hilfsmittel, als die einfache mikroskopische Untersuchung, werden wahrscheinlich eine noch größere Reihe von Eigenthümlichkeiten nachweisen. Es ist für jetzt unmöglich, die Ursachen derselben genauer anzugeben. Man kann aber im Allgemeinen einsehen, daß Nerven, welche für so verschiedenartige Anregungen, wie die Riechstoffe, die Aetherschwingungen, die Erzitterungen fester Körper u. s. f. empfänglich sein sollen, in ihrem Baue abweichen müssen.

Die früher dargestellten Verhältnisse der Muskelverkürzung deuten darauf hin, daß die Veränderung, welche in den bewegenden Nerven in dem Augenblicke ihrer Thätigkeit Statt findet, die immer bereit liegende Fähigkeit der Muskelfasern, ihre Querdurchmesser auf Kosten ihrer Länge zu vergrößern, freimacht. Es verändern sich hierbei alle Punkte der quergestreiften Faser, während die Nervenelemente nur in gewissen Abständen dahingehen. Die Eigenwärme erhöht sich in den Muskelmassen, die sich zusammenziehen, nicht aber in den Nervenstämmen, welche die Verkürzung erregen, in bedeutendem Grade (S. 622.). Die einfachen Muskelfasern können sich wahrscheinlich auch ohne den Einfluß der Nerven verkürzen. Embryonalgebilde, in denen weder Muskelfasern noch Nerven mit öligtem Inhalte vorkommen, können willkührliche, automatische oder künstlich angeregte Bewegungen darbieten. Etwas Aehnliches kehrt in der verkürzbaren Masse vieler der niedersten Thiere wieder (S. 618.). Rechnen wir nun noch die Pflanzenbewegungen, die Schwingungen der Flimmerhaare und der Samenelemente, die Einwirkung der betäubenden Gifte auf die Regenbogenhaut (S. 619.) hinzu, so ergiebt sich, daß die verschiedensten Gewebe das Vermögen der Verkürzung an und für sich besitzen. Die Muskelmassen gehören zu dieser Art von Geweben, welche ihre Bewegungsfähigkeit mitbringen. Die Nerven liefern wahrscheinlich nur eine der vielen möglichen und unter den gewöhnlichen Lebensverhältnissen vielleicht die passendste Anregung, um jene Fähigkeit spielen zu lassen. Die Art, wie dieses geschieht, wird uns später beschäftigen.

Hält man an dieser Auffassungsweise fest, so folgt noch nicht, daß der Anspruch der Muskelfasern in allen Fällen günstiger wirken müsse, als der der Nerven. Es kommt hierbei nicht bloß auf die Reizung überhaupt, sondern auf die Art derselben an. Dieses und die Empfänglichkeitsverhältnisse der beiderlei Gewebe erklären es, weshalb die Ergebnisse in dieser Hinsicht in so hohem Grade schwanken (§. 2637 fgg.). Es kann vorkommen, daß die Nervengewebe den Vorrang über die Muskelfasern erhalten. Der Fall, in welchem der Harnleiter elektrische Schläge, die durch das centrale Nervensystem gehen, mit lebhaften Wellenbewegungen beantwortet, auf örtliche Reize dagegen schweigt (S. 469.), beweist dieses am Deutlichsten.

Wie die Bewegungsnerven zwischen gewissen Centralwerkzeugen und den Muskeln, so sind die empfindenden zwischen anderen Centraltheilen und den peripherischen Vorbereitungsgebilden ausgespannt (§. 3243.). Es ist möglich, daß diese letzteren die entsprechende Anregung nicht bloß auf zweckmäßige Weise aufnehmen, sondern auch gewisse eigenthümliche Merkmale dem, was in den Verbindungsnerven fortgeleitet wird, mittheilen. Lassen wir aber auch dieses bei Seite, so bestimmt jedenfals das Centralwerkzeug den Hauptcharakter des Erfolges. Die Durchschneidung des Sehnerven erzeugt daher keinen Schmerz, wie die der Tastnerven. Krankheiten der Centralwerkzeuge können nach Maaßgabe ihrer Oertlichkeit Funkensehen, Ohrensausen oder Schmerz bedingen.

Diese Ansicht schließt wiederum nicht aus, daß eine große Reihe von Verschiedenheiten innerhalb des Hauptbezirkes vorkommt. Wir beurtheilen daher die Farben und die Höhe der Töne nach dem Rhythmus der Schwingungen und die Eindrücke der Wollustwerkzeuge nach der Art der Anregung. Das Gesicht vernachlässigt die gröberen Erschütterungen, welche das Ohr beantwortet und umgekehrt.

Die Embryonen und die niederen Thiere führen hier wahrscheinlich zu ähnlichen Verhältnissen, wie die Verkürzungsgebilde. Es sind Wahrnehmungen mit einfacheren Werkzeugen, als in den ausgebilderen höheren Geschöpfen möglich.

Man sieht leicht, daß es nicht richtig ist, wenn man von specifischen Energieen der Nerven spricht und dabei die hervortretendsten Eigenthümlichkeiten ihrer Wirkungen ins Auge faßt. Man schreibt hier den Nerven selbst Eigenschaften zu, die unzweifelhaft von anderen Gebilden, mit denen sie zusammenhängen, wenigstens größtentheils, herrühren. Einige hiergegen anzuführende psychologische Verhältnisse werden uns in der Folge beschäftigen.

Man hat mehrfach versucht, einen Theil der uns hier interessirenden Frage auf dem Wege des Versuches zu beantworten. Hängt die Eigenschaft eines Empfindungs- oder Bewegungsnerven nur von den End- oder Anfangsstücken, mit denen sie verbunden sind, ab, so läßt sich erwarten, daß man ungleichartige Nervenfasern zusammenheilen kann, ohne daß die Möglichkeit der Reaction nach künstlichen Reizen aufhört. Man heftete das peripherische Stück eines Bewegungsnerven mit dem centralen eines Empfindungsnerven zusammen, wartete die Heilung ab und prüfte nun, ob der Anspruch des centralen Abschnittes des früheren Empfindungsnerven Muskelbewegungen bedingt. Man hat auch umgekehrt das peripherische Stück eines Empfindungsnerven mit dem centralen eines Bewegungsnerven zusammengebracht. Man sieht aber leicht, daß man hier im glücklichsten Falle keine Wiederkehr der regelrechten Empfindung erwarten könnte, weil die empfindenden Fasern mit ganz fremdartigen Centraltheilen verbunden sein würden.

Ein Nebenumstand vereitelt viele Versuche der Art. Liegen die zusammengehefteten und die frei gelassenen Abschnitte der durchschnittenen Nerven nicht weit von einander, so suchten sich oft gleichsam die gleichartigen Stämme bei der Heilung auf oder das Ganze wird von einem Knollen umgeben, der die genaue Bestimmung, was sich verbunden habe, unmöglich macht. Dieses Hinderniß trat den Versuchen, die Bidder [1]) an Hunden anstellte, entgegen. Er verband sechs Mal den centralen Abschnitt des Zungenfleischnerven mit dem peripherischen des Zungenastes des dreigetheilten Nerven und zwei Mal das centrale Stück von diesem mit dem peripherischen von jenem. Die frei gelassenen Theile des Nerven wurden möglichst verkürzt oder selbst mit einem Faden nach außen gezogen, um jede unpassende Vereinigung zu verhüten. Die Empfindung und die regelrechten Bewegungen der Zunge fehlten natürlich im Anfange. Sie kehrten aber in der Folge in einzelnen Hunden mehr oder minder deutlich zurück. Reizte man die Wurzeln des Zungenfleischnerven innerhalb der Schädelhöhle auf galvanischem Wege, so antworteten die Zungenmuskeln und unter anderen auch die der Zungenspitze, wenn 80 bis 136, nicht aber, wenn nur 62 Tage nach der Operation verstrichen waren. Sprach Bidder den Stamm oberhalb der Narbe an, so erhielt er das gleiche Ergebniß. Die Bewegungen fielen hier zwei Mal sehr kraftvoll aus, während sie sonst schwächer als im regelrechten Zustande auftraten. Der Anspruch des Zungenastes des dreigetheilten Nerven ober- oder unterhalb der Narbe ließ keine Zuckungen zum Vorschein kommen. Die anatomische Prüfung ergab aber, daß das peripherische und das centrale Stück des Zungenfleischnerven drei Mal wechselseitig verbunden waren. Der peripherische Abschnitt des Zungenastes des dreigetheilten Nerven hatte sich zwar in drei anderen Fällen mit dem centralen des Zungenfleischnerven vereinigt. Es traten aber auch noch die beiden anderen Nervenenden zu der ganz unförmlichen Narbe hinzu. Etwas Aehnliches wiederholte sich in den beiden Fällen, in denen der peripherische Theil des Zungenfleischnerven mit dem centralen des Zungenastes des dreigetheilten Nerven verknüpft worden war.

Hatten Schwann [2]) und Steinrück [3]) die Hüftnerven von Fröschen durchschnit-

---

[1]) Bidder, in Müller's Archiv. 1842. S. 107 — 118.

[2]) Schwann, in Joh. Müller's Handbuch der Physiologie. Bd. I. Vierte Auflage. Coblenz 1843. 8. S. 334.

[3]) C. O. Steinrück, De nervorum regeneratione. Berolini 1838. 4. p. 59. Nro. 30.

ten und sich wiedererzeugen lassen, so führte nur die Reizung der vordern, nicht aber die der hinteren Nervenwurzeln zu Muskelbewegungen. Diese Thatsache ist noch nicht im Stande die oben angeregte Frage zu entscheiden. Es bleibt natürlich dahingestellt, ob sich hier nur gleichartige Fasern verbunden haben oder nicht.

Flourens [1]) welcher die ersten Beobachtungen auf diesem Gebiete anstellte, lieferte drei hierher gehörende Versuche, die zu verschiedenen Ergebnissen führten. Er heftete das peripherische Stück des rechten herumschweifenden Nerven eines Hahnes mit dem centralen des fünften Halsnerven zusammen und trennte drei Monate später den linken herumschweifenden Nerven. Obgleich sich jene beiden künstlich verbundenen Nervenstämme wechselseitig vereinigt hatten, so ging doch das Thier am folgenden Tage an Erstickung zu Grunde. Wiederholte er den gleichen Versuch an einer Ente, in der noch überdies das centrale Stück des herumschweifenden und das peripherische des fünften Halsnerven zusammengenäht worden, so erhielt er das gleiche Ergebniß. Er trennte endlich in einem Hahne die beiden Nervenstämme des Achselgeflechtes, von denen der eine die obere und der andere die untere Hälfte des Flügels versorgt und verband den centralen Abschnitt des ersteren mit dem peripherischen des letzteren und umgekehrt. Das Thier konnte den Flügel einige Monate später vollständig gebrauchen. Legte dann Flourens die Nerven bloß, so fand er, daß die Verwachsung in der vorgeschriebenen künstlichen Weise zu Stande gekommen war. Reizte man den einen der beiden Nervenstämme oberhalb der Vernarbungsstelle, so erhielt man nicht bloß Empfindungszeichen, sondern auch Muskelbewegungen. Diese entsprachen aber den den natürlichen Verhältnissen entgegengesetzten Ortsbeziehungen, mithin den künstlich eingeleiteten Veränderungen. Es würde hieraus folgen, daß zwei Bewegungsnerven, die nahe bei einander in das Rückenmark treten, dem Willen gehorchen können, wenn man sie auch kreuzweise zusammengeheilt hat.

Die Erkenntniß der Oertlichkeit der Empfindungseindrücke und der 4618
Einfluß, den unser Wille auf gewisse untergeordnete Abtheilungen der Bewegungswerkzeuge ausübt, führte zu der Theorie der isolirten Thätigkeit der peripherischen Nervenprimitivfasern. Gröbere Reizungsversuche sprachen zu ihren Gunsten (§. 4232 fgg.). Man verglich hiernach jede Faser mit einem von Seide umsponnenen Leitungsdrathe, in dem ein elektrischer Strom dahingeht. Diese Aehnlichkeit konnte aber nur insofern gelten, als Inductionsvorgänge, welche die Isolation nicht aufhebt, ausgeschlossen blieben. Die in neuerer Zeit vielfach beobachteten Theilungen der Primitivfasern (S. 590.) stoßen jene Vorstellung nicht um. Man darf nur nicht übersehen, daß sich weder die Bestimmung der Oertlichkeit der Empfindungen, noch der Willensbefehl, dem die Muskeln unterliegen, auf so kleine Bezirke, als der Mangel von Verzweigungen der Primitivfasern fordern würde, beschränkt.

Dehnte sich das Gebiet der Theilungsäste der Primitivfasern auf sehr entfernte Organe, deren Eindrücke sicher aufgefaßt und deren Bewegungen mit Bestimmtheit beherrscht werden, aus, so würden sich Anatomie und Physiologie in entschiedenem Widerspruche befinden. Wäre z. B. nachgewiesen, daß der eine Zweig derselben Primitivfaser des dreigetheilten Nerven in dem unteren Augenlide und der andere in der Oberlippe endigte, so ließe sich vorläufig nicht einsehen, wie wir zwei Nadelstiche, welche jene beiden Gebilde treffen, ihrer Oertlichkeit nach unterscheiden sollten. Ginge der eine Ast einer bewegenden Faser des Hüftnerven zu einem Beuger und der zweite zu einem Strecker, oder verbreiteten sich beide in zwei sehr entfernte Muskeln, so würden sich die gleichen Verlegenheiten für die Physiologie wiederholen. Betrachten wir aber die bis jetzt mit Sicherheit bekannten Beispiele von Spaltungen, so finden wir, daß sie vor Allem unter zweierlei Verhältnissen auftreten. Sie zeigten sich 1) im Innern einzelner Organe, wie z. B.

[1]) P. Flourens, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. Seconde Edition. Paris 1842. 8. p. 272 — 275.

der Augenmuskeln der Fische, der elektrischen Werkzeuge der Zitterrochen oder 2) in Nerven, die sich zu den Eingeweiden der Brusthöhle oder des Unterleibes begeben. Die physiologische Auffassung wird hierdurch nicht gestört. Man kann sich sogar die Theilungen aus gewissen Nebenbedingungen zu erklären suchen.

Unser Wille beherrscht zwar einzelne Muskelgruppen. Wir können aber schon seltener über gesonderte Muskeln und fast nie über die verschiedenen Bündel derselben gebieten. Spalten sich auch die Primitivfasern, die sich in dem Innern eines Muskels verbreiten, so widerspricht dieses den eben erwähnten Beziehungen keineswegs. Denken wir uns, daß sich das Gleiche in Empfindungsfasern wiederholt und daß nur nahe Bezirke von den Zweigen aufgesucht werden, so fielen selbst hier die Schwierigkeiten größtentheils hinweg. Lassen wir die Netzhaut, in der die Theilungen noch nicht beobachtet worden, bei Seite, so bieten die übrigen Sinneswerkzeuge keine so örtlich beschränkte Unterscheidung ihrer Empfindungen dar, daß die Theilungen zu den physiologischen Unmöglichkeiten unter den oben erwähnten Bedingungen gehören würden. Es scheint nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen ziemlich gleichgültig zu sein, an welchem Punkte der inneren Nase ein Riechstoff und an welchem des Vorhofes oder der Schnecke eine Schallwelle aufgefaßt wird. Sollten daher noch in Zukunft Theilungen in den Fasern des Riechnerven oder des Hörnerven beobachtet werden, so könnte dieses die Physiologie ruhig hinnehmen. Was den Geschmack und die Tastwerkzeuge betrifft, so würden erst dann Verlegenheiten auftreten, wenn man nachweisen könnte, daß die Spaltungssäste derselben Faser des Zungenschlundkopfnerven z. B. zur Zungenwurzel und zur Zungenspitze verliefen oder die eines Tastnerven weiter reichten als die Entfernung, in der zwei Punkte als einer aufgefaßt werden (§. 417a.). Einzelne Eindrücke, wie die Zahnschmerzen, die Gesichtsschmerzen, die Wollustempfindungen, werden überhaupt nur in gewissen Bezirken, nicht aber in kleineren abgegrenzten Oertlichkeiten wahrgenommen.

Es kommt nicht selten vor, daß sich ein Punkt des Scheitels und ein anderer in der Mitte der Harnblase gleichzeitig zusammenzuziehen scheinen, wenn man einen nur dünnen Nervenzweig angesprochen hat. Man kann auch ähnliche Erfahrungen am Dünndarme machen. Diese Thatsachen genügen jedoch nicht, auf die Anwesenheit von Theilungen zurück zu schließen. Sie lassen sich schon aus dem einfachen Verlaufe der nicht gespaltenen Primitivfasern erklären. Es frägt sich auch, ob sich nicht hier die Verkürzung oder die Anregung derselben von Punkt zu Punkt fortpflanzt und nur an verschiedenen entfernten Stellen lebhafter durchbricht.

Bedenken wir dagegen, daß die gegenseitige Berührung der Ganglienkugeln und der Nervenfasern eine Hauptbedingung der meisten Nerven der Eingeweide bildet, so können die Theilungen, die etwa in den Knoten selbst vorkommen, dazu dienen, die mittelbare Berührungsoberfläche zu vergrößern und die, die erst in den Zweigen auftreten, die Herrschaft der entsprechenden Nervenkörper weiter auszudehnen.

Die Spaltungen der Nervenfasern haben wahrscheinlich zum Zweck, die Menge der thätigen Nervenmolecüle örtlich zu vergrößern, ohne daß eine beträchtliche Zahl von Primitivfasern von vorn herein zugeleitet zu werden braucht. Sie sind daher Vervielfältigungswerkzeuge der peripherischen Nerventhätigkeit, während die Mutterstämme die Gesammtwirkung von jener dem Centralwerkzeuge zuleiten oder die Anregungen von diesen vermöge ihrer Theilungssäste fruchtbringender machen. Die Spaltungszweige bedingen es zugleich, daß eine größere Oberfläche der Nervenfasern mit den benachbarten Geweben in Berührung kommt. Denken wir uns endlich, daß die Nerventhätigkeit auf die Nachbargewebe nur in einer gewissen beschränkten Entfernung wirken kann, so bilden die Spaltungen einen Ersatz für den gewundeneren Verlauf der Nervenfasern, der sonst nothwendig gewesen wäre.

Viele Theilungssäste behalten ihre markige Beschaffenheit bei. Sie vergrößern also die Menge des Nervenmarkes. Die Nerven der Plättchen der elektrischen Werkzeuge des Zitterrochen lehren aber am Deutlichsten, daß auch embryonale Fasern die ausgebildeteren markigen bei fortgesetzten Theilungen ablösen können (S. 598.).

Vergleicht man die einzelnen Primitivfasern mit einem umsponnenen elektrischen Leitungsdrathe, so stößt man auf eine physikalische Schwierigkeit. Es liegt hier am Nächsten, den markigen Inhalt dem Metall und die Begrenzungshaut der Seide gleich zu stellen. Da aber jene von wässerigen Lösungen durchtränkt wird, mithin eine feuchte Leitungsmasse bildet, so bleibt immer die ihr zugeschriebene Isolationsthätigkeit räthselhaft, so

lange man die Parallele mit unseren physikalischen elektrischen Vorrichtungen festhalten will.

Eine Erscheinung, welche die Zitterfische darbieten, kann hier zu Hilfe gezogen werden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Schläge, welche sie austheilen, auf elektrischen Wirkungen beruhen. Sie wirken auf Froschpräparate und lebende Thiere, wie gewöhnliche elektrische Ströme. Die Muskeln des Zitterfisches ziehen sich dessenungeachtet nicht zusammen, wenn auch das Thier die stärksten Schläge austheilt. Es müssen daher hier noch gewisse Nebenbedingungen, von denen wir noch keinen Begriff haben, einwirken.

Man könnte auch einen anderen Weg versuchen, um sich die Isolirtheit der Primitivfasern anschaulicher zu machen. Viele Forscher behaupten, daß der markige Inhalt der Nerven aus einem Achsencylinder und einer Rinde besteht. Man würde dann annehmen, daß die Strömung nur in jenem dahingeht, während die öligte Masse der Rinde die Rolle des Isolators übernimmt. Bedenken wir aber, daß der Achsencylinder ein späteres durch die Zersetzung des todten Nerven bedingtes Kunstproduct ist, daß das frische Nervenmark gleichartig erscheint, so fehlt dieser Vorstellung die anatomische Grundlage, ohne welche sie von selbst zusammenfällt.

Die Elektricität ist das einzige bis jetzt bekannte Agens, welches die 4619
verhältnißmäßig größte Aehnlichkeit mit dem sogenannten Nervenprincipe darbietet. Mag aber auch die Thätigkeit der Nervenfasern elektrische Ströme bedingen, so folgt hieraus doch noch nicht, daß diese den einzigen und selbst nur den wesentlichsten Ausdruck der Veränderung, welche in den Nerven vor sich geht, bildet. Man findet sogar bei genauerer Betrachtung, daß die Nervenfasern manche Verhältnisse darbieten, welche mit den bis jetzt bekannten elektrischen Erscheinungen nicht übereinstimmen und daß die elektrischen Ströme die Nerventhätigkeit zwar anregen, nicht aber unter allen Verhältnissen ersetzen können.

Die Vorstellung, daß die elektrische Strömung, welche in einer Nervenfaser dahingeht, physiologisch inducirend auf benachbarte Fasern wirkt, kann durch unsere bisherigen Kenntnisse kaum gestützt werden. Manche Erfahrungen zeugen vielmehr eher für das Gegentheil.

Der Leitungsdrath einer geschlossenen galvanischen Kette bedingt einen Inductionsstrom, wenn der zweite Drath ihm parallel läuft, nicht aber, wenn er ihn senkrecht schneidet [1]). Man kann mit Recht annehmen, daß empfindende und bewegende Fasern in dem Stamme des Hüftnerven parallel dahingehen. Denken wir uns nun, man hätte die hinteren Nervenwurzeln des Hüftnerven durchschnitten und ein Stück Haut bis auf seine Nervenverbindung isolirt, so läßt sich erwarten, daß ein elektrischer Strom in den Empfindungsfasern auftreten wird, wenn man die Haut selbst galvanisirt (S. 626.). Gesetzt nun, jener gehe central dahin, so müßte ein peripherischer Strom in den benachbarten motorischen Fasern in dem Augenblicke des Schlusses entstehen, wenn ein hinreichend kräftiger elektrischer Inductionsvorgang stattfände. Es ließe sich erwarten, daß dann Muskelverkürzungen in den Hinterbeinen zu Stande kämen, was, so viel man weiß, nicht der Fall ist.

Wenn wir die Verhältnisse der sich verkürzenden Muskelfasern näher ins Auge fassen, so stoßen wir auf manche Aehnlichkeiten mit der durch die Inductionsvorgänge bedingten Magnetisirung des Eisens. Die Unterschiede mangeln jedoch auch hier nicht gänzlich.

Der elektrische Strom führt nach Wertheim [2]) zu einer Abnahme der Elasticitätsgröße seines Leiters und der durch ihn magnetisch gewordenen Eisenmasse. Der Co-

[1]) E. Wartmann, in den Annales de Chimie. Troisième Série. Tome XIX. Paris 1847. 8. p. 279.

[2]) Wertheim, in den Annales de Chimie. Troisième Série. Tome XXIII. Paris 1848. pag. 302 — 327.

häsionswechsel der Letzteren ist im Ganzen geringer. Er tritt erst nach einiger Wirkungsdauer der Ströme sichtlich hervor und hört mit der Unterbrechung derselben nicht plötzlich auf. Er ist der Intensität des elektrischen Stromes und der Masse des magnetisirten Eisens proportional. Man kann den Zug, dem das Metall unterworfen wird, als die Wirkung einer longitudinalen Componente, welche das Eisen nach Verschiedenheit der Verhältnisse zu verkürzen oder zu verlängern strebt, und einer transversalen auffassen. Die Töne, die bei gehöriger Stärke des Apparates zum Vorschein kommen, rühren von diesen mechanischen Veränderungen her.

Die Elasticitätsgröße der rothen Muskeln nimmt ebenfalls mit ihrer Verkürzung ab. Der Cohäsionswechsel wird hier auch erst nach einer gewissen Dauer der Wirkung des Magnetelektromotors merklicher. Er vergrößert sich mit dem Werthe der Zusammenziehung und überdauert sie ebenfalls eine Zeit lang. Er bildet endlich keine Folge des elektrolytischen Einflusses, sondern der lebendigen Verkürzung (§. 2766 fgg.). Man könnte daher die Wirkung des elektrischen Stromes auf das sich zum Magneten umgestaltende Eisen mit dem Einflusse der Nerven auf die sich verkürzenden rothen Muskeln vergleichen. Wir dürfen aber hierbei nicht übersehen, daß die Formveränderung des Muskels von der des magnetisirten Körpers der Quantität und vielleicht auch der Art nach wesentlich abweicht. Die sonst auftretende Verlängerung des Magneten schlägt nach Joule bei einer gewissen Größe der Belastung in Verkürzung um, während die Muskeln die Fähigkeit der Zusammenziehung gerade unter einem zu starken Zuge verlieren. Mit einem Worte, wir haben wahrscheinlich ähnliche Vorgänge, aber verschieden reagirende Massen in beiden Fällen.

Wenn die rasche Wiederholung der elektrischen Schläge Starrkrämpfe erzeugt, so dauert die Muskelverkürzung jedenfalls länger, als je eine einzelne elektrische Abgleitung. Man kann sich nun hier zunächst zwei Fälle denken. Die Zusammenziehung hält so lange an, als eine gewisse schnelle Bewegung der Nervenmolecüle stattfindet. Diese kommen aber nicht sogleich zur Ruhe. Greift die folgende elektrische Abgleitung, ehe die Nervenatome zu zittern aufhören, ein, so wird eine continuirliche Zusammenziehung aus der hinreichend schnell wiederholten discontinuirlichen elektrischen Erregung hervorgehen Die zweite Annahme bestände darin, daß die einmalige Unruhe der Nervenmolecüle die Verkürzung bedingt, daß diese aber länger, als jene dauern kann.

Lassen wir den Magnetelektromotor unter den gleichen Verhältnissen wirken, so giebt dasselbe Muskelstück im Anfange Starrkrämpfe und später Wechselkrämpfe. Es müßten daher die kräftigeren Nervenmolecüle nach der ersteren Hypothese länger nachschwingen, während die Muskelatome in ihrem Verkürzungszustande nach der zweiten Ansicht länger verharrten. Wäre das Letztere der Fall, so würde sich die Zusammenziehung von der gleichzeitig im Magnetelektromotor erregten Magnetisirung des Eisenkernes unterscheiden. Denn jener arbeitete ebendeshalb fortwährend, weil der Magnetismus sogleich nach der Oeffnung der Kette abnimmt oder verloren geht.

Mehrere der schon früher erwähnten Thatsachen deuten darauf hin, daß die Veränderung, welche die Nervensafern im Augenblicke ihrer Thätigkeit erleiden, auf mehr, als einer Störung des elektrischen Gleichgewichtes der Molecüle beruht. Bestände das Ganze oder selbst nur das Wesentliche in einer elektrischen Strömung, so ließe sich nicht einsehen, weshalb ein durchschnittener Bewegungsnerv, den man oberhalb, oder ein getrennter Empfindungsnerv, den man unterhalb der Verletzungsstelle reizt, die früheren Wirkungen nicht mehr darbietet. Die Fortpflanzung der elektrischen Ströme bleibt dann durch die feuchten Zwischentheile immer möglich. Legt man aber auch die Durchschnittsenden noch so sorgfältig an einander, so ist doch der schädliche Einfluß der Trennung der gleiche, zum Beweise, daß der natürliche Zusammenhang der Molecüle eine Hauptbedingung bildet.

Wir haben früher (S. 655.) gesehen, daß man den Einfluß eines durchschlagenden elektrischen Stromes, der eine centralere Stelle des Hüftnerven eines Froschpräparates trifft, durch einen anhaltenden elektrischen Strom, der eine peripherische Stelle beherrscht, vernichten kann. Diese Thatsache läßt sich, wie ich glaube, kaum erklären, wenn man die Nerventhätigkeit als eine bloße elektrische Strömung ansieht. Stellen wir uns dagegen vor, daß der anhaltende elektrische Strom die Nervenmolecüle in einer gewissen gezwungenen Lage erhält und daß der vorübergehende Strom eine Molecularveränderung erzeugt, die aber den nöthigen kräftigeren Atomenwechsel in den unteren Nervenstücken des

physiologischen Fortpflanzungswiderstandes nicht bedingen kann, so wird uns das Ganze erklärlicher.

Es versteht sich von selbst, daß die Molecularveränderung, welche die Nerventhätigkeit begleitet, mit elektrischen Erscheinungen gleich vielen anderen Verhältnissen des Wechsels der Atomzustände verbunden sein kann. Es ist sogar möglich, daß diese in den empfindenden anders, als in den bewegenden Fasern ausfallen. Wie aber die elektrischen Phänomene, welche das Verbrennen der Kohle zu Kohlensäure begleiten (S. 622.), bloße Nebenerscheinungen bilden, so wiederholt sich vermuthlich das Gleiche für die Nervenfasern. Wir haben daher auch früher die Einflüsse der galvanischen Ströme von dem Gesichtspunkte der Verrückung der Molecüle des Nerven und nicht als einfache galvanische Einflüsse dargestellt.

Wir haben schon S. 592 gesehen, daß die so allgemein vorkommen- 4620
den Endgeflechte der Nerven unmöglich nur den Zweck haben können, verschiedenartige Nervenfasern zu vermischen. Sie vergrößern jedenfalls die Masse der wirksamen Nervenmolecüle. Da sie aber zugleich eine gegenseitige vorübergehende Berührung einzelner Nervenfasern bedingen, so könnte man vermuthen, daß hier eher eine wechselseitige Mittheilung zu Stande kommt. Diese Ansicht stößt aber auf große Schwierigkeiten für die Empfindungsnerven. Manche Bewegungserscheinungen scheinen sie allerdings zu unterstützen. Es können jedoch auch diese Thatsachen unter einem anderen Gesichtspunkte aufgefaßt werden.

Nehmen wir an, daß sich die Regungen der Empfindungsfasern in den Endgeflechten vollständig übertragen, so ließe sich die Oertlichkeitsauffassung der Empfindungseindrücke kaum erklären. Wenn ein mechanischer Eingriff, der eine beschränkte Stelle des Wadenmuskels trifft, eine Verkürzung der ganzen Muskelmasse nach sich zieht, wenn noch die vollständigsten Wellenbewegungen der Speiseröhre nach der Durchschneidung des einen herumschweifenden Nerven auftreten, wenn sich ungefähr der gleiche Bezirk des Oesophagus lebhaft verkürzt, man mag eine Wurzel des herumschweifenden oder des Beinerven ansprechen, so könnte man alle diese Wirkungen von Mittheilungserscheinungen herleiten. Man sieht aber leicht, daß auch noch andere Erklärungen möglich sind. Gesetzt ein Muskel zieht sich zuerst in einem beschränkten Punkte zusammen, so entsteht hier eine augenblickliche Störung der bisher vorhandenen elektrischen Verhältnisse. Diese kann auf die Nachbartheile einwirken. Wir hätten dann nicht sowohl eine augenblickliche Zusammenziehung des Ganzen, sondern eine Reihe rasch folgender Zuckungen, die im Grunde aus der gleichen Ursache, wie die inducirte Zusammenziehung des Froschschenkels (S. 622.) hervorgehen.

Wie die Endgeflechte der Nerven ein Räthsel sind, so wiederholt sich das Gleiche für die letzten Enden der Nervenfasern. Manche Forscher haben es zwar ausgesprochen, daß die Endschlingen physikalisch unbrauchbar seien und die freien Enden eine Bahn der Erkenntniß eröffnen. Ich glaube, daß hier praktisch, wie theoretisch geirrt worden ist. Die Interferenzerscheinungen des Lichtes verhielten sich zur Emanationstheorie nicht viel besser, als die Endschlingen zu unserer heutigen Kenntniß der Gesetze der Nerventhätigkeit. Man konnte sie vorläufig als unlösbare Räthsel bei Seite liegen lassen. Man durfte sie aber deshalb läugnen, weil man sie nicht zu erklären vermochte. Die Anatomen, welche die von ihnen selbstgesehenen Endnetze und Nervenschlingen in Abrede stellen und ihr sinnliches Auge des geistigen wegen verschließen, gerathen auf einen Irrweg, den die Naturforschung nicht betreten darf.

Halten wir uns aber an die Aehnlichkeit der elektrischen Erscheinungen, so können wir die Endschlingen mit dem Schließungsbogen einer galvanischen Säule, die freien Enden dagegen mit dem offenen Leiter einer nicht geschlossenen Kette vergleichen. Die Nerventhätigkeit wäre in dem letzteren Falle mit den unipolaren Wirkungen der Magnetelektromotoren zusammenzustellen — eine Parallele, die mindestens auf eben so viele Schwierigkeiten, als die mit einem geschlossenen Bogen stieße. Mit einem Worte, der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse gestattet wahrscheinlich gar keine die Endgeflechte und die Nervenendigungen betreffenden fruchtbaren Vorstellungen.

4621 Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, eine allgemein befriedigende, wenn auch nur hypothetische Ansicht über die Thätigkeit der Ganglien aufzustellen. Wenn die Brust- und die Baucheingeweide, deren Nerven zahlreiche Knoten besitzen, die gewöhnlichen Eindrücke dem Bewußtsein und ihre Bewegungen dem Willenseinflusse entziehen, so findet man, daß die mit Ganglien versehenen Abschnitte des dreigetheilten, des Zungenschlundkopf-, des herumschweifenden Nerven und der Rückenmarksnerven viele Eindrücke auf das Pünktlichste angeben. Obgleich die Nerven des Schlundkopfes des Menschen und der Regenbogenhaut der Vögel reichliche Mengen von Ganglienkugeln enthalten, so können sich doch diese Gebilde willkührlich zusammenziehen. Es läßt sich nicht beweisen, daß die Ganglienkugeln überall, wo sie vorkommen, Mittheilungserscheinungen möglich machen. Der Gedanke endlich, daß sie die Ernährungsverhältnisse ausschließlich beherrschen, daß sie das vegetative Nervensystem des Körpers darstellen, kann auch nicht ohne Zwang und selbst nicht ohne die Vernachlässigung einzelner dawider zeugender Erfahrungen durchgeführt werden.

Berücksichtigt man die S. 599 dargestellten anatomischen Verhältnisse der Ganglienkugeln, so findet man, daß sich eine wesentliche Ungewißheit durch das ganze uns hier beschäftigende Untersuchungsgebiet zieht. Man bemerkt bald, daß nur ein Theil der Nervenfasern vieler Knoten in nähere Beziehung zu den Ganglienkugeln tritt. Da aber diese allein keinen physiologischen Versuchen unterworfen werden können, da man wenigstens bis jetzt mit den Ganglien im Ganzen zu arbeiten genöthigt war, so bleibt immer der Einwand offen, daß Erscheinungen, die nur von den durchgehenden Nervenfasern herrührten, denen, welche mit den Ganglienkugeln genauer zusammenhängen, ungerechter Weise zugeschrieben worden sind.

So richtig diese Betrachtung an und für sich ist, so darf man doch mit Recht annehmen, daß sich der Einfluß der Ganglienkugeln weiter erstreckt. Die bloßen Entwickelungs- und Ernährungsverhältnisse erklären es nicht, weshalb sich die durchtretenden Fasern bündelweise ausspreizen und Ganglienkörper und umspinnende Nervenfasern in ihren Zwischenräumen aufnehmen. Erinnern wir uns überdies, daß bisweilen einige zwanzig Ganglienkugeln zwei oder drei ächten Nervenfasern anliegen (S. 602), so kann man den Gedanken nicht zurückweisen, daß die bloße Nachbarschaft von Belegungskörpern eine gewisse Wirkung ausüben muß.

Man hat vor Allem die Eingeweide der Brust und des Unterleibes im Auge gehabt, wenn man den Nervenknoten die Fähigkeit zuschrieb, die gewöhnlichen Eindrücke der bewußten Auffassung und die Bewegungen dem Willenseinflusse zu entrücken. Henle[1]) bemerkt dagegen mit Recht, daß diese Erscheinungen keine wesentlichen Grundverschiedenheiten bedingen, weil uns viele Eindrücke der Sinne in jedem Augenblicke ebenfalls entgehen, die Oertlichkeit der Anregung auch hier oft unbestimmt ausfällt und zahlreiche Bewegungen, wie z. B. die des Athmens unabhängig von dem Bewußtsein und dem Willen vollführt werden. Es ist jedoch nicht zu leugnen, daß die erwähnten Eingeweide manche Eigenthümlichkeiten darbieten. Lassen wir das Hungergefühl, die Empfindungen, welche bei der Nothwendigkeit der Harn- oder der Kothentleerung auftreten, bei Seite, so sind es vor Allem nur Schmerzenseindrücke, die von ihnen aus unter krankhaften Verhältnissen zum Bewußtsein kommen. Die uns sonst entgehenden Hautgefühle können aber nicht bloß als Schmerz, sondern auch als Tasteindrücke aufgefaßt werden. Wird der Nerv einer empfindlichen Hautstelle gereizt, so entsteht immer Schmerz. Die Nerven vieler Schleimhäute und der Blutgefäße antworten häufig nicht in dieser Weise. Die Bewegungen des Athmens, die Verkürzung der quergestreiften Fasern, welche die Entleerung des Harnes, des Kothes u. dgl. bedingen, die Nebenhilfe der

[1]) J. Henle, Handbuch der rationellen Pathologie. Bd. I. Zweite Auflage. Braunschw. 1846. 8. S. 177 fgg.

Bauchpresse machen sich allerdings ohne Weiteres geltend. Wir können aber alle diese Thätigkeiten in gewissen Grenzen nach Belieben verändern, während ein ähnlicher unmittelbarer Einfluß auf das Herz, den Magen, den Darm u. s. w. zu den Unmöglichkeiten gehört.

Man sieht leicht, daß jene Fähigkeit nicht allen Ganglien zukommt. Der Gasser'sche Knoten und die Ganglien der hinteren Wurzeln der Empfindungsnerven stören nicht die feinsten Tastempfindungen und die bald zu erwähnenden Knoten, die an bewegenden Nerven vorkommen, die Einflüsse, welche das Gehirn oder das Rückenmark auf die entsprechenden Muskeln ausübt. Man kann sich freilich hier wiederum mit der Annahme helfen, daß diejenigen Nervenfasern, welche mit den Ganglienkugeln in innige Berührung kommen, weder die bewußten Empfindungen noch die Willensbefehle leiten. Wir werden einige Thatsachen, die man zur Unterstützung dieser Ansicht angeführt hat, in der Folge genauer betrachten. Allein so viel ist gewiß, daß die Einflüsse, welche die bloße Nachbarschaft von Ganglienkugeln auf die durchgehenden Primitivfasern ausübt, nicht überall in der Hemmung der Wirkungen des Gehirns und des Rückenmarkes bestehen kann.

Einzelne der hierher gehörenden Bewegungsverhältnisse führen noch einen Schritt weiter. Wir sehen nämlich, daß der feinere Bau der Muskelfasern mit beträchtlichen Unterschieden, wenigstens in den Wirbelthieren bisweilen verknüpft ist. Man kennt bis jetzt keinen, aus einfachen Muskelfasern bestehenden Theil des Menschen, der unmittelbar willkührlich bewegt werden könnte. Es wurde schon früher bemerkt, daß die Harnblase und der Mastdarm nur scheinbare Ausnahmen dieser Norm bilden, weil der Wille bei der Harn- oder der Kothentleerung wahrscheinlich zunächst auf quergestreifte Muskelfasermassen wirkt und die Thätigkeit der einfachen nach einem oft merklichen Zeitraume nachfolgt. Die Regenbogenhaut des Menschen, die einfache Muskelfasern enthält, ist dem unmittelbaren Einflusse des Willens entzogen. Erst die Verkürzung des quergestreiften inneren geraden Augenmuskels kann das Sehloch mittelbar verkleinern. Viele Vögel, die quergestreifte Fasern in ihrer Regenbogenhaut und ihrem Spannmuskel der Aderhaut führen, besitzen einen nicht unbedeutenden Willenseinfluß auf die Größe ihrer Pupille. Ein Augenknoten kommt in ihnen eben so, als in den Säugethieren vor. Der Schlund beider Thierklassen bietet wahrscheinlich ähnliche Unterschiede dar. Die Verhältnisse des Herzens werden uns in einem späteren Abschnitte beschäftigen.

Obgleich der größte Theil des Nahrungskanals der Schleihe quergestreifte Fasern führt, so scheint er doch nicht von Zeit zu Zeit selbstständige Wellenbewegungen wie die Speiseröhre darzubieten. Hatte ich die Unterleibshöhle geöffnet und ließ dann den Fisch im Wasser schwimmen, so blieb der Darm ruhig. Dieses wiederholte sich, wenn ich eine kleine Strecke des Dünndarmes öffnete und dessen Schleimhaut mit einem Pinsel rieb, diesen von der Mundhöhle aus in den Magen einführte und hier das Gleiche wiederholte oder Brodbissen gewaltsam einschob. Die Empfänglichkeit des Nahrungskanals hatte freilich durch alle diese Versuche in dem sonst lebhaften Thiere so sehr abgenommen, daß die unmittelbar darauf eingeleitete Reizung des verlängerten Markes mittelst der Dräthe des Magnetelektromotors nicht mehr jenen früher (S. 474.) erwähnten plötzlichen Ruck, sondern nur örtlich beschränktere Wechselkrämpfe nach sich zog. Der anatomische Bau der Verkürzungsgebilde liefert aber wahrscheinlich wieder von vorn herein günstige Bedingungen. Die quergestreiften Fasern der Muskelhaut des Nahrungskanals sind beträchtlich schmäler als die der rothen Körpermuskeln desselben Thieres. Eine 16 Centimeter lange Schleihe lieferte z. B. ein Präparat aus der rechten Seite der Cardia, dessen Muskelfasern $1/42 - 1/89$ Mm. maßen. Der Darm an der ersten Schlingenumbiegung ergab in dieser Hinsicht $1/31 - 1/118$ Mm., an deren zweitem Schlingenbogen $1/39 - 1/148$ Mm. und der Mastdarm, der die meisten feinsten Fasern besaß, $1/89 - 1/177$ Mm., die Mitte des rechten Seitenmuskels dagegen $1/9 - 1/37$ Mm. und der rechte untere gerade Augenmuskel $1/22 - 1/49$ Mm.

Sollten die in dem Verlaufe der Nervenfasern eingeschalteten Ganglienkugeln das Nervenmark wahrhaft unterbrechen, so könnte man annehmen, daß die Leitung des Nervenprincipes auf diese Weise erschwert würde. Nur Eindrücke von einer gewissen Stärke oder Beschaffenheit könnten das durch die Ganglienkugel gegebene Hinderniß, welches sich der Fortpflanzung der lebenden Nerventhätigkeit entgegensetzt, durchbrechen. Es würde hier ein ähnliches Verhältniß wie bei der Continuitätsstörung einer Nervenfaser wiederkehren, d. h. die Mittheilung der Veränderung eines Atomes des Nervenmarkes an sein

Nachbargebilde stieße auf Hindernisse, während der künstlich eingeleitete elektrische Strom das durchfeuchtete Widerstandsgebilde leichter überschritte. Man könnte sich die oben erwähnten Eigenthümlichkeiten der Brust- und der Baucheingeweide aus diesen Verhältnissen zu erklären suchen. Allein abgesehen davon, daß die feineren Beziehungen des Nervenmarkes zu den Ganglienkugeln noch nicht festgestellt sind, so findet sich wahrscheinlich immer zwischen der Hülle und der Ganglienkugel eine geringe Menge von Flüssigkeit, die möglicher Weise die Leitung vermitteln könnte.

Die grauen Massen des Gehirns und des Rückenmarkes entwickeln, wie wir später sehen werden, Fähigkeiten, welche die Primitivfasern allein nicht besitzen. Die Aehnlichkeit, welche die peripherischen und die centralen Ganglienkugeln darbieten, führte zu der Vermuthung, daß jene ebenfalls besondere Kräfte besitzen. Diese Ansicht kann eine entfernte Andeutung geben, weshalb sich die Nervenknoten in manchen Bezirken so häufig wiederholen und so reichliche mikroskopische Ganglien im Herzen, an den Luftröhrenverzweigungen, den Gefäßverästelungen der Leber, der Nieren und anderer Unterleibseingeweide, den verschiedensten Stellen der Gekröse, an den Gefäßwänden einzelner Körperorgane u. dgl. vorkommen. Es ist aber bis jetzt nicht möglich gewesen, jene Wirkung mit Bestimmtheit nachzuweisen oder Thatsachen aufzufinden, welche ihre Eigenschaften genauer darlegten und diese Vorstellung überhaupt ihrer Allgemeinheit und Unbestimmtheit entrückten.

Wir werden später finden, daß die grauen Massen des centralen Nervensystems die Mittheilungserscheinungen, die wir als Reflex- und als Mitbewegungen kennen, vermitteln. Man hat häufig die gleichen Eigenschaften den Ganglien ohne Weiteres zugeschrieben. Die bis jetzt bekannten Thatsachen gestatten aber hier noch kein sicheres Urtheil.

Henle[1]) hat mit Recht bemerkt, daß ein Darmstück, das dicht am Gekröse abgeschnitten und örtlich gereizt worden, seine Zusammenziehung nur eine kurze Strecke fortzupflanzen pflegt. Läßt man einen Abschnitt des Gekröses an dem ausgeschnittenen Darme, so dehnt sich die Bewegung weiter aus. Bleibt endlich das Ganze in seiner natürlichen Verbindung, so kann man die günstigsten Erfolge erhalten (§. 2385.). So häufig sich auch diese Thatsachen im Allgemeinen bewähren, so beweisen sie doch nicht mit Bestimmtheit, daß die Ganglienkugeln gewisse Erscheinungen der Mitbewegung hervorrufen. Man kann oft noch günstigere Erfolge erhalten, wenn das Dünndarmgekröse des Kaninchens ohne das Sonnengeflecht und andere der Aorta näher liegende Knoten mitgenommen worden. Man sucht dann vergeblich nach Ganglien an den Nervenstämmen, die in dem Ueberreste des Gekröses verlaufen. Der ganze Versuch glückt überhaupt nur an Thieren, deren Darmbewegung eine größere Lebhaftigkeit darbietet. Eine Reihe von Mäusen dagegen z. B., die ich im Laufe des Winters prüfte, zeigte eine solche Trägheit des Darmkanals, daß er oft nicht einmal auf örtliche Ansprüche unmittelbar nach dem Tode antwortete, geschweige denn zwei Wechselbeobachtungen gestattete.

Wir haben schon S. 489 gesehen, daß der Reiz der Luft lebhafte Wurmbewegungen des Dünndarmes des Kaninchens selbst nach der Zerstörung des Rückenmarkes erzeugt, und daß sich dann die Zusammenziehung, welche eine örtliche Anregung veranlaßt hat, auf beträchtliche Strecken fortpflanzt Die Ursache dieser Erscheinung liegt daher nicht immer im Rückenmarke. Sie kann auch nicht mit Sicherheit, wie wir eben sahen, auf den Einfluß der Ganglienkugeln zurückgeführt werden. Die günstigeren Verhältnisse, welche die Anwesenheit eines Abschnittes des Gekröses darbietet, rühren vielleicht davon her, daß dann die Nervenfasern entfernter von ihren Endigungsstellen getrennt werden und daß die hierdurch bedingte Störung geringer ausfällt, als wenn die Verletzung unmittelbar an dem Darme selbst eingreift. Sollten Theilungen in den Stämmen der Gekrösnerven vorkommen, so wäre hierdurch ein neuer Erklärungsgrund gegeben. Dieser reichte aber allein nicht aus. Ein Abschnitt des Kaninchendarmes, der in der Luft nur örtlich antwortet, pflanzt seine Bewegungen eine Strecke weit fort, so wie man den Versuch in lauem Wasser wiederholt[2]).

Eine Thatsache, die wir am Deutlichsten an der mit quergestreiften Fasern des Hundes versehenen Speiseröhre bemerken, kann vielleicht mit mehr Erfolg benutzt werden, um

---

[1]) J. Henle, allgemeine Anatomie. Leipzig 1841. 8. S. 724.

[2]) H. Arnuth, De motu rhythmico praesertim peristaltico intestinorum. Berolini 1845. 8. pag. 29.

die Annahme der Mittheilung innerhalb des oberen Knotens des herumschweifenden Nerven zu stützen. Wir haben früher gesehen, daß man kräftige Verkürzungen der Speiseröhre an einem und demselben frisch getödteten Hunde erhalten kann, man mag ein einzelnes Wurzelbündel des herumschweifenden oder der vorderen Gegend des Beinerven ansprechen. Aehnliche Wechselfälle widerholen sich sogar in verschiedenen Thieren für die Kehlkopfmuskeln und andere, von jenen Nerven abhängige Verkürzungsgebilde. Es liegt die Vermuthung nahe, daß hier vielleicht Uebertragungsverhältnisse, die in dem oberen Vagusknoten zu Stande kommen, eingreifen, besonders da häufig gleich ausgedehnte Bewegungen der Speiseröhre von den verschiedensten einzelnen Wurzelbündeln angeregt werden. Man sieht aber leicht, daß auch hier die Endgebilde (S. 669.) oder der Verlauf der Muskelfasern selbst das Ganze bedingen könnten.

Die in Betracht kommenden Verhältnisse des Herzens werden uns später beschäftigen.

Die Annahme, daß der Sympathicus oder das Gangliensystem die Ernährungseinflüsse der Nerven ausschließlich vermittelt, hat sich seit Bichat in der Arzneiwissenschaft eingebürgert. Die in neuester Zeit veröffentlichten Arbeiten vorzüglich von Volkmann [1]) und Spieß [2]) suchten die Ansicht, daß diese Rolle den sympathischen Fasern zukomme, zu unterstützen und nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft durchzuführen. Eine ausführlichere Prüfung der hierbei zu berücksichtigenden Thatsachen kann am Besten lehren, ob jene Vorstellung auf sicheren Gründen fußt oder nicht.

Betrachten wir zunächst die Blutgefäße, so werden oft die größeren Hauptstämme, vorzüglich die Schlagadern, von zahlreichen Nerven, die meist eine grauweiße Farbe besitzen und kleinere oder größere Knoten darbieten, begleitet. Die Brust- und die Bauchaorta, die Wirbelschlagader, die Verzweigungen der Carotis erhärten dieses am Deutlichsten. Man kann die Nerven am Besten verfolgen, wenn man sie in möglichst frischen Leichen, in denen sie noch ihre grauweiße Farbe bewahrt haben, an den Schlagadern, die man vorher mit rother Masse gefüllt hat, aufsucht. Die eben erwähnte Thatsache bildete einen der Hauptgründe, weshalb man den sympatischen Nerven als den Träger der Ernährungseinflüsse des Nervensystemes angesehen hat. Man darf jedoch hierbei dreierlei Umstände nicht aus den Augen lassen. 1) Treten oft genug Fasern von Cerebrospinalnerven zu benachbarten Schlagadern heran. Die früher über die Verbre tung der Hirn- und Rückenmarksnerven gelieferten Tabellen führen eine Reihe von Beispielen der Art an. 2) Gehen viele Nerven, welche die Aorta umspinnen, zu den Eingeweiden der Brust und des Unterleibes. Reizt man diese Zweige in der Nachbarschaft der Schlagadern oder in ihrem ferneren Verlaufe, so verkürzen sich die Muskelfasern des Darmes, der Blase, des Harnleiters u. dal. Endlich 3) fällt der Nervenreichthum an den verschiedenen Körperschlagadern sehr ungleich aus. Während die kleineren Hirnschlagadern noch leicht darstellbare Nervenäste darbieten, treten diese an der Arm- oder der Schenkelschlagader weit seltener hervor.

Man kann für jetzt nur behaupten, daß Arterien, welche gewissen gangliösen Nerven nahe kommen, Begleitungszweige von diesen empfangen. Etwas Aehnliches wiederholt sich für die weißen Cerebrospinalnerven. Es treten aber hier die Verflechtungen und die gangliösen Anschwellungen in den Hintergrund. Die Nerven entziehen sich eher dem Anblicke, als in dem früheren Falle. Es kommt übrigens auch bei den gangliösen Nerven viel darauf an, wie diese verlaufen. Der Halstheil der gemeinschaftlichen Carotis liegt neben den Stämmen des herumschweifenden und des sympathischen Nerven. Wir vermissen aber hier noch die reichlichen Geflechte und Knoten, die später nach ihrer Gabelspaltung auftreten.

Die zahlreichen knotigen Schlingen und Netze der Nerven, welche viele Schlagadern umgeben, können keine allgemeine Bedeutung für die von dem Blute abhängigen Ernährungserscheinungen haben, weil sie nur bei einzelnen Schlagadern auftreten. Sie bilden eben so wenig eine nothwendige Zugabe der größeren Absonderungswerkzeuge. Denn während sie z. B. an den Verzweigungen der Nierenschlagader oder der Pfortader selbst

---

[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. S. 618 fgg.

[2]) G. A. Spieß, Physiologie des Nervensystems mit besonderer Berücksichtigung pathologischer Zustände. Braunschweig 1844. 8. S. 245 fgg. Vergl. auch Wagner's Handwörterbuch. Bd. III. Abth. II. S. 212 fgg.

noch in dem Innern der Niere oder der Leber in reichlicher Masse auftreten, zeigen sie sich verhältnißmäßig sparsamer an den Gefäßen der Thränendrüse, der Ohrspeicheldrüse und der Brustdrüse, d. h. an Gebilden, die ihrer Lage nach den großen Anhäufungsmassen der Knoten des Sympathicus weiter entrückt sind. Sollte es in Zukunft gelingen, der physiologischen Bedeutung dieser räthselhaften Erscheinung näher zu treten, so wird man zweierlei Verhältnisse, die Endigung und die Nachbarschaft der Nerven, unterscheiden müssen. Diejenigen Fasern, welche sich in den Blutgefäßen wahrhaft verbreiten, werden hier ihre eigenthümlichen Endwirkungen ausüben. Man kann sich aber auch denken, daß diejenigen Nerven, welche eine Strecke weit an den Blutgefäßen dahingehen, diese nicht bloß als Verbreitungsbahnen benutzen, sondern auch einen Nebeneinfluß auf die Gefäße und das Blut besitzen, während der Enderfolg ihrer Thätigkeit anderen Geweben angehört.

Die mikroskopische Untersuchung ist bis jetzt nicht im Stande gewesen, dieses Dunkel zu lichten. Behandelt man die verschiedenen Schlagadern mit Essigsäure oder Kali, so findet man ähnliche Ungleichheiten der Nervenmengen, wie sie schon das freie Auge angiebt. Viele der Primitivfasern, die in der Regel zu den schmalen oder den mittelfeinen gehören, zeigen ihren markigen Inhalt von gewöhnlicher Beschaffenheit. Da aber die meisten in den höheren Wirbelthieren grauweiß sind, so ereignet es sich häufig, daß man nur die halbdurchsichtigen bis undurchsichtigen Scheiden bemerkt. Dieser Umstand hindert es dann, den ferneren Verlauf der Fasern zu verfolgen. Er bedingt es wahrscheinlich, daß viele von ihnen dem Anblicke von vorn herein entgehen. Man kann daher streng genommen nur sagen, welche Gefäße von Nerven begleitet oder umsponnen werden, nicht aber, bei welchen keines von beiden Statt findet.

Das Mikroskop bestättigt ferner, daß einzelne scheinbare Nerven der Gefäßstämme nur an diesen vorübergehen. Man kann z. B. in dem Magengekröse großer Frösche bemerken, daß eine einzelne Primitivfaser an einem größeren Gefäße eine nicht unbedeutende Strecke dahinläuft, um sich endlich in ein Nervenbündel einzusenken. Dünne Nervenstränge folgen auch hier bisweilen den Gabeltheilungen der Gefäße.

Wir haben schon §. 2447 fgg. gesehen, daß sich die größeren Blutgefäße verkürzen können. Die Nerven üben wahrscheinlich einen gewissen Einfluß auf diese Erscheinungen aus (§. 430.). Die physiologischen Versuche, die man in dieser Hinsicht anstellt, führen aber zu weit unsicheren und unbestimmteren Ergebnissen, als die, welche man an den Nerven des Darmes, des Harnleiters, der Blase, mithin von Theilen, deren einfache Muskelfasern der Wurmbewegung fähig sind, macht. Es müssen wesentlich verschiedene Bedingungsglieder in beiden Fällen eingreifen.

Die Empfindlichkeitserscheinungen liefern ebenfalls mannigfache Abweichungen. Schnürt man die gemeinschaftliche Halsschlagader eines Hundes oder eines Kaninchens zu, so pflegt man keine Schmerzensäußerungen zu bemerken. Wiederholte ich dagegen den gleichen Versuch an der Pfortader oder der Nierenschlagader des Kaninchens, so verriethen die Zuckungen oder selbst die Stimmtöne einen nicht unbedeutenden Grad des Leidens. Wir haben eben gesehen, daß reichliche gangliöse Nervengeflechte die beiden letzteren Gefäße umstricken, während dieses für die oben bezeichnete Strecke der Carotis nicht wiederkehrt. Man kann hieraus schließen, daß die Wand der Gefäße selbst keine Nerven besitzt, welche unmittelbar oder mittelbar Schmerzen zu vermitteln im Stande sind. Da die Nerven, welche die Pfortader und die Nierenschlagader umstricken, in der Leber und der Niere selbst größtentheils endigen, so folgt zugleich, daß Nervenstämme, welche eine Drüse versorgen, an gewissen Stellen ihres Verlaufes Schmerzen zu erregen im Stande sind.

Die Haargefäße bieten noch größere Schwierigkeiten als die umfangreicheren Schlag- und Blutadern dar. Man kann zwar noch häufig Nerven an den feineren Verzweigungen der Hirnschlagader des Menschen und der Säugethiere wahrnehmen, und Henle [1]) bemerkte sie im Frosche an einem Gefäße, dessen Durchmesser $^1/_{13}$ Mm. betrug. Allein hiermit sind auch die Leistungen der mikroskopischen Anatomie beendigt. Es ist nicht gelungen, Nervenfäden zu den Haargefäßen selbst zu verfolgen. Hat man eine Froschlunge aufgeschnitten und mit Kali durchsichtiger gemacht, so schließen die Geflechte der mit Mark versehenen Nervenfasern so große Maschenräume ein, daß jede von ihnen

[1]) Henle, a. a. O. S. 511.

eine bedeutende Menge der zahlreichen und durch kleine Interstitien getrennten netzförmigen Haargefäße umgiebt. Man könnte daher nur zu der Annahme seine Zuflucht nehmen, daß nicht mehr kenntliche marklose und äußerst feine Nervenfasern zu den Capillaren hinübertreten oder daß die in der Regel schon unsichtbaren Nerven der Wände der Schlagadern und der Blutadern auf die der Haargefäße unmittelbar übergehen. Diese Voraussetzung ist aber keineswegs nothwendig. Wie andere Nervenfasern ihre Wirkungen auf einen, wenn auch kleinen Entfernungsbezirk ausüben, so könnte sich das Gleiche für die Haargefäße wiederholen.

Die physiologischen Verhältnisse gestalten sich jedoch nicht so einfach, wie man es in den meisten Theorieen der Krankheitslehre voraussetzte. Es wurde schon §. 2445 angeführt, daß man sich bis jetzt vergeblich bemühte, einen Durchmesserwechsel der Capillargefäße mit Hilfe des Magnetelektromotors zu erzeugen. Wir haben S. 617. gesehen, daß die Haargefäße der Schwanzflosse der Neunaugen dieselben Ergebnisse lieferten. Wurde dagegen die Herzbewegung durch die elektrischen Ströme gestört, so wirkte dieses sogleich auf die Kreislaufsverhältnisse der kleinsten Gefäße zurück. Man kann hieraus zunächst vermuthen, daß der Galvanismus das Verkürzungsvermögen der Wände der Haargefäße gar nicht oder nur unter besonders günstigen Bedingungen anregt.

Bidder [1]) hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß er die für die Entzündungszustände allgemein angenommene Erweiterung der Haargefäße und selbst der angrenzenden Schlag- und Blutadern mit Hilfe mikrometrischer Messungen im Froschе nicht wahrnehmen konnte. Es ist keine Frage, daß diese Bemerkung viel Wahres enthält. Reizte ich eine beschränkte Stelle der in dem Einmert'schen Froschhalter (Bd. I. §. 1057.) ausgespannten Schwimmhaut mit einem glühenden Platindrathe, einem in Salpetersäure getauchten Glasstifte, oder indem ich einen aufgelegten Kochsalzkrystall nach und nach abschmelzen ließ, und stellten sich dann rothe mit Blutkörperchen dicht gefüllte Haargefäßnetze dar, so schien es auf den ersten Blick, als wenn diese verhältnißmäßig beträchtlich erweitert wären. Eine genauere Betrachtung lehrte aber, daß hier eine Nebenbedingung leicht täuscht. Betrachten wir nämlich ein Haargefäß, in dem sich das Blut in regelrechter Weise bewegt, so geben sich die Ränder der Wandungen des Gefäßes als zwei dunkele parallele Linien zu erkennen. Es folgt dann die durchsichtige unbewegliche Schicht (Bd. I. §. 1062.), während der Hauptzug der mehr oder minder reichlichen Blutkörperchen in der Mitte dahingeht. Stockt das Blut, so wird das ganze Gefäß mit dicht an einander gedrängten Blutkörperchen gefüllt. Da man aber die Breite des Gefäßes nach diesen auf den ersten Blick oder unter schwächeren Vergrößerungen beurtheilt, so hat es den Anschein, als wenn sich das Haargefäß beträchtlich erweitert hätte. Die Hauptsache beruht aber darauf, daß jetzt auch der Raum der unbeweglichen Schicht von dicht gedrängten Blutkörperchen eingenommen wird. Hatte ich ein Glasmikrometer in die Blendung des Oculars eingelegt und verfolgte auf diese Art den Durchmesser eines und desselben Gefäßes anhaltend, so konnte ich keinen Wechsel desselben mit Sicherheit bemerken. Wir dürfen hieraus schließen, daß er jedenfalls in den ersten Zeiten der Blutstockung mangelt oder im günstigsten Falle kleiner, als man es sich vorzustellen pflegt, ausfällt. Der oben angeführte Grund der scheinbaren Erweiterung ist übrigens schon von manchen früheren Schriftstellern, z. B. von C. Emmert [2]), hervorgehoben worden. Dieser Forscher fand jedoch, daß später eine wahre Durchmesservergrößerung, welche in den kleinen Blutadern am Stärksten, schwächer dagegen in den Haargefäßen ausfällt, vorkommt.

Da die Schläge des Magnetelektromotors, welche durch die Schwanzflosse der Neunaugen geleitet wurden, die Nerven, welche mit den Haargefäßen möglicher Weise in Beziehung stehen, trafen, so erhellt hieraus, daß die galvanische Reizung der Nervenfasern die Räumlichkeitsverhältnisse der Haargefäße gar nicht oder wenigstens nicht im Verlaufe einer Viertelstunde verändert. Bidder [3]) prüfte auch vergebens die Verbindungs-

[1]) Bidder, in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. IV. Heidelberg 1846. 8. Seite 364 — 367.

[2]) C. Emmert, Beiträge zur Pathologie und Therapie mit besonderer Berücksichtigung der Chirurgie. Heft I. Bern 1842. 8. S. 75. Vgl. auch De functionibus nervorum. pag. 153.

[3]) Bidder, a. a. O. S. 362.

zweige, die sich zwischen dem Grenzstrange des sympathischen Nerven und den Stämmen des Hüftgeflechtes des Frosches hinziehen, mit einer einfachen galvanischen Kette. Diese sogenannten sympathischen Fasern verfehlten mithin ebenfalls ihre Wirkung.

Die Gefäße und die Drüsen bieten hier eine gemeinschaftliche Eigenthümlichkeit dar. Die größeren Gefäßstämme und die Hauptausführungsgänge der Drüsen enthalten platte Fasern, die anatomisch mit den einfachen Muskelfasern übereinstimmen oder wenigstens in hohem Grade an sie erinnern. Diese Gewebeelemente degradiren sich, so wie man zu den Haargefäßen und den feinsten Drüsengängen übergeht. Der physiologische Versuch konnte bis jetzt keine sichtlichen Verkürzungserscheinungen an diesen beiderlei Theilen nach Willkühr hervorrufen, während die größeren Gefäßstämme und die Hauptausführungsgänge der Drüsen keine so unübersteiglichen Hindernisse darbieten.

Der Einfluß, den die Nerven auf die allgemeinen Ernährungsverhältnisse und die Thätigkeit der absondernden Drüsen ausüben, wechselt in so hohem Grade, daß sich hier für jetzt noch keine sicheren und irgend genügende Aufschlüsse liefernden Gesetze erkennen lassen. Man ist höchstens im Stande, einzelne auffallendere Thatsachen hervorzuheben und das Unzureichende mancher allgemein verbreiteter Vorstellungen nachzuweisen.

Hat man den Hüftnerven eines Menschen oder eines Säugethieres durchschnitten, so verschwären nach einiger Zeit nicht alle Theile des gelähmten Beines, sondern nur die, welche einem ungewöhnlichen Nebeneinflusse des Druckes ausgesetzt werden. Die Schorfe, die sich an den Lippen der Kaninchen nach Durchschneidung des dreigetheilten Nerven erzeugen, das Aufliegen am Gefäße und der Ferse, das man so häufig nach Rückenmarksverletzungen im Menschen beobachtet, lehren das Gleiche. Es verlieren mithin hier die Gewebe ihr gewöhnliches Widerstandsvermögen. Sie erhalten sich, so lange keine außerordentlichen Verhältnisse auf sie einwirken. Sie können aber diese nicht gehörig ertragen. Die Verschwärung folgt dann auf dem Fuße nach. Wird der durchschnittene Hüftnerv wieder erzeugt, so heilen auch die Geschwüre des Fußes. Ein Mann, der eine Rückenmarksverletzung erlitten, hatte zuletzt nur noch einige leichte Lähmungszeichen einzelner Aeste des Wadenbeinnerven beibehalten. Die Geschwüre, die das frühere Aufliegen erzeugte, wollten trotz aller Mittel nicht zuheilen. Der viertägige Gebrauch des Galvanismus führte hier allein zum Ziele [1]). Diese Thatsache deutet von Neuem an, wie sehr solche Entartungen von den Nerven abhängen. Da der Gebrauch der Rotationsmaschine oder des Magnetelektromotors Lähmungen nicht selten gänzlich oder für kurze Zeit beseitigt, so können wir mit Recht schließen, daß er auch die Kräfte der Nerven, welche die Verschwärungsgegend beherrschen, von Neuem herstellte.

Die heftige Augenentzündung, das Bluten des Zahnfleisches und das Ausfallen der Haare, das der Trennung des dreigetheilten Nerven nachfolgt, lehren, daß einzelne gelähmte Gewebe ohne ungewöhnliche äußere Eindrücke zu Grunde zu gehen scheinen. Man darf jedoch hierbei nicht übersehen, daß die Bindehaut und das Zahnfleisch keine so starke und schützende Oberhaut haben, daß sie auch im gesunden Zustande leichter unterliegen und daß die späteren Entartungen des inneren Auges die Gebilde, welche hinter der Regenbogenhaut liegen, verschonen, so lange nicht die übermäßige Eitermenge den Augapfel zum Bersten bringt.

Hat sich das durchschnittene Hüftgeflecht oder der getrennte Hüftnerv eines Frosches nicht wiedererzeugt, so findet man oft nach einigen Wochen, daß der gelähmte Schenkel auffallend abmagert. Seine Muskelmassen besitzen einen geringeren Umfang. Sie werden bisweilen von der Haut wie von einem zu weiten und lockeren Ueberzuge bekleidet. Man schloß hieraus, daß die gelähmten Muskeln schneller oder leichter als die Haut in ihrer Ernährung gestört werden. Man könnte aber auch diese Erscheinung aus der Unthätigkeit der Muskeln erklären. Da jedes geübte Glied erstarkt, jedes nicht geübte dagegen ermattet, so wäre die Abmagerung eine bloße Nebenfolge der Ruhe der Verkürzungsgebilde. Hatte ich wohlgenährte Frösche am Halse operirt und dann Monate lang in engen Gläsern aufbewahrt, so verwandelten sich ihre Hinterbeine in auffallend dünne Stäbe. Behandelte ich täglich Thiere, deren Hüftgeflecht getrennt war, mit dem Magnetelektromotor, so blieb dessenungeachtet die Abmagerung nicht aus. Es fragt sich aber, ob die künstlichen, nur kurze Zeit anhaltenden Starrkrämpfe die natürlichen Wechselbewegungen ersetzen konnten.

---

[1]) Romberg, bei Axmann, a. a. O. pag. 3.

Es wurde schon S. 433 fgg. angegeben, daß einzelne andere Ernährungsstörungen in den verschiedenen Individuen oder in demselben Frosche von Zeit zu Zeit wechseln. Diese Thatsachen weisen klar darauf hin, daß sie von der Lähmung der Nerven nicht ausschließlich abhängen. Sollen sie zu Stande kommen, so müssen die Ernährungszustände der Gewebe gewisse Bedingungen, die sich freilich noch nicht genauer darlegen lassen, an die Hand geben.

Man hat sich bemüht, manche Ernährungsstörungen, die einzelne Nervendurchschneidungen begleiten, aus rein mechanischen Nebenverhältnissen herzu leiten. Hierher gehört die von Traube gelieferte Erklärung der Lungenentartung, welche die Trennung des herumschweifenden Nerven nach sich zieht (§. 4391.). Volkmann[1]) suchte die Wassersucht der gelähmten Beine, welche die in Wasser aufbewahrten Frösche nach der Zerstörung des Rückenmarkes darbieten, aus der dann aufgehobenen Thätigkeit der hinteren Lymphherzen zu erklären. Es strömt mehr Wasser durch die Haut in die sogenannten Lymphräume. Da aber das Pumpwerk, welches die Flüssigkeit fortschafft, nämlich das Lymphherz, still steht, so bleibt jene in größeren Mengen liegen. Berücksichtigen wir aber auch nicht, daß der Zusammenhang der Lymphräume mit dem hinteren Lymphherzen bis jetzt noch nicht anatomisch nachgewiesen worden, so spricht eine andere Thatsache gegen die Allgemeinheit dieser Auffassung. Der gelähmte Schenkel eines im Wasser gehaltenen Frosches, dessen Hüftnerv in der Mitte seines Verlaufes durchschnitten worden, schwillt häufig ebenfalls wassersüchtig auf, obgleich seine hinteren Lymphherzen ihre Thätigkeit unausgesetzt bewahren.

Die Nerven können möglicherweise auf zweierlei Wegen, nämlich mittelbar oder unmittelbar, auf die Absonderungs- und Ernährungsverhältnisse einwirken. Die Porosität der Gefäßwände und der Drüsengänge bestimmen zu einem nicht unbedeutenden Theil den Ein- und den Austritt der hier in Betracht kommenden Lösungen (Bd. I. §. 135.). Denkt man sich nun, daß die Nerven den Tonus und mit ihm die Porosität jener thierischen Röhren ändern können, so wird auch ein Wechsel des Stoffwandels die nothwendige, aber mittelbare Folge bilden. Eine zweite Annahme stützt sich auf die Aehnlichkeit der Nervenwirkung und der Elektricität. Wie diese chemische Zersetzungen auf elektrolytischem Wege bedingt, so würde dann die Nerventhätigkeit das Blut, die Ernährungsflüssigkeit und die Absonderungen unmittelbar verändern.

Es ist, wie man sieht, kaum möglich, die zweite Vorstellungsweise durch Versuche, die man an lebenden Thieren anstellt, zu erhärten, weil die hier in Betracht kommenden Flüssigkeiten in oder zwischen porösen Geweben liegen, deren mechanischer Zusammenhang durch die Nervenzerstörung gleichzeitig leiden kann. Wollte man das Nervenprincip einem elektrischen Strome gleichstellen und dessen elektrolytische Wirkungen als nothwendige Folgen betrachten, so wäre immer noch wenig gewonnen, weil dieser Umstand allein die wechselnde Verschiedenheit der Mischungen noch nicht erklären könnte. Man hat endlich noch andere Thatsachen zur Unterstützung jener Annahme benutzt. Die Milch einer Amme, die sich geärgert hat, kann in Kurzem giftige Eigenschaften für den Säugling erhalten. Da wir aber nicht wissen, ob die schädliche Wirkung von einem besonderen in der gesunden Milch fehlenden Stoffe oder von unpassenden Mengenverhältnissen der gewöhnlichen Bestandtheile herrühren, da es uns eben so wenig bekannt ist, ob die endosmotischen Verhältnisse gleichzeitig verändert sind, so kann man auch diese Erscheinung als keinen sicheren Beweis jenes Satzes ansehen. Es ist möglich, daß die Nerventhätigkeit auf die chemischen Processe des Körpers einwirkt, es ist sogar wahrscheinlich, daß sie mit einer Elektrolyse verbunden ist. Allein der sichere Nachweis der Art, wie sie wirkt, mangelt noch gänzlich.

Hält man die Aehnlichkeit mit der Kette fest, so könnte man sich sogar einen fortdauernden Ernährungseinfluß der Nerven vorstellen. Der Muskel antwortet in der Regel nur auf den Schluß oder die Oeffnung der Kette, d. h. auf das Abgleiten der Elektricitätsdichtigkeit von Null bis zu der gegebenen größten Höhe oder umgekehrt. Die chemische Zersetzung dauert dagegen während des Geschlossenseins der Kette fort. Denkt man sich nun, es wäre eine Einrichtung der Nerven vorhanden, vermöge welcher diese in den Augenblicken der scheinbaren Ruhe nicht vollkommen unthätig wären, sondern sich in einem Zustande befänden, der mit dem einer geschlossenen Kette verglichen zu werden

[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 626.

vermag, so würde dann eine elektrolytische Wirkung anhaltend eingreifen. Diese könnte ihren berechneten Einfluß auf die Ernährungs- und Absonderungsverhältnisse ausüben. Würde er dagegen krankhafter Weise aufgehoben, so müßten Ernährungsstörungen hervortreten. Man sieht leicht, daß sich das Gebiet der möglichen Annahmen um so mehr erweitert, je mehr das des sicheren Wissens beschränkt ist.

Der Wechsel der Porosität könnte es z. B. erklären, weshalb der Harn nach der vorübergehenden Unterbindung der Nierennerven roth gefärbt oder selbst mit Blut vermischt wird (S. 444.) oder weshalb das gelähmte Bein eines Frosches, den man in Wasser aufbewahrt, eine übermäßige Menge von Flüssigkeit in seinen Lymphräumen einschließt. Diese Auffassung bleibt aber ebenfalls eine bloße Hypothese, so lange nicht eine Reihe durchgeführter Untersuchungen die Richtigkeit der Anschauung im Einzelnen nachgewiesen hat.

Ich hatte den Hüftnerven eines den Winter über eingesperrt gewesenen Frosches im Anfange des März in der Mitte des Oberschenkels durchschnitten. Der gelähmte Fuß des Thieres, das in Wasser aufbewahrt wurde, schwoll seit dem dritten bis vierten Tage ödematös an. Nachdem der Frosch 11 Tage später zu Grunde gegangen, schloß ich die inneren Röhren zweier gleichen Endosmoseverrichtungen mit den äußeren Häuten des gesunden und des kranken Unterschenkels und zwar so, daß die inneren Oberflächen jener Membranen nach den inneren, mit Eiweißlösung, die äußeren nach den äußeren mit destillirtem Wasser gefüllten Röhren gekehrt waren. Die Eiweißlösung, welche als innere Flüssigkeit diente, führt 3,6 % trockenen Rückstandes des Hühnereiweißes auf 96,4 Wasser. Ihr Gewicht hatte nach beendigter Endosmose in dem Apparate, der dem gesunden Fuße entsprach, um 10, und in dem, der dem kranken angehörte, um 31 % zugenommen.

Zwei andere Versuche, in denen ich die endosmotischen Aequivalente bestimmen wollte, lieferten keinen deutlichen Unterschied. Jolly [1]) hat diesen Ausdruck zuerst in die Wissenschaft eingeführt. Denken wir uns, die innere mit einem löslichen Körper versehene und durch die thierische Haut geschlossene Röhre sei von einer großen Menge Wassers, das täglich gewechselt wird, umgeben, so wird die innere Lösung immer verdünnter werden und endlich nur ein Minimum des ursprünglichen Lösungskörpers enthalten. Vernachlässigt man dieses, so hat man am Ende eine gewisse Gewichtsmenge Wassers für eine bestimmte Gewichtsmenge der ursprünglichen löslichen Verbindung. Die Einheitsbeziehung des gelösten Körpers zur späteren Menge des Wassers giebt dann das endosmotische Aequivalent. Jolly [2]) fand z. B. 3,820 bis 4,58 für das Kochsalz, d. h. daß 3,820 bis 4,58 Grm. Wasser für 1 Grm. Kochsalz zuletzt erhalten werden. Das Kochsalz gehört wahrscheinlich zu den Körpern, deren endosmotisches Aequivalent mit der Erhöhung der Wärme abnimmt.

Ich hatte das Hüftgeflecht eines kräftigen grünen Grasfrosches im Anfange des December ausgeschnitten. Die Hinterbeine des Thieres, das nicht in Wasser aufbewahrt worden und 13 Tage später zu Grunde gegangen war, wurden täglich 2 bis 3 Minuten lang den Schlägen des Magnetelektromotors ausgesetzt. Ich bestimmte nun die endosmotischen Aequivalente für die Rückenhaut und die Haut der beiden Oberschenkel. Die Temperatur des umgebenden Wassers schwankte dabei am Tage zwischen 6 und 11° C. Alle drei Häute hatten ihre Innenfläche gegen das Kochsalz gekehrt. Sie lieferten keine wesentlichen Unterschiede. Dasselbe wiederholte sich für einen zweiten Frosch, der auf die gleiche Art behandelt, ebenfalls täglich elektrisirt worden und 15 Tage nach der Operation gestorben war. Der höchste Unterschied der endosmotischen Aequivalente glich nur 0,2.

Ich muß es vorläufig dahingestellt sein lassen, ob diese Abweichung der Ergebnisse von der anhaltenden Einwirkung des Wassers oder von der täglichen Galvanisation bedingt war. Eine bleibende auffallende Wassersucht war in den beiden letzten Fällen nicht hervorgetreten.

Wir haben schon oben gesehen, daß die Bewegungslähmungen, die wir an den Hinterbeinen der Frösche künstlich einleiten, eine Abmagerung der Muskelmassen früher oder später nach sich ziehen. Fassen wir dagegen nur die Blutüberfüllung, die regelwidrige

---

[1]) Jolly, in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. VII. Heidelberg 1848. 8. Seite 97 fgg.

[2]) Jolly, a. a. O. Seite 117.

Absonderung, die Erzeugung von Ausschwitzungen oder von Eiter ins Auge, so kommen diese Entartungen durchschnittlich häufiger nach der Verletzung empfindender oder gemischter, als nach der von reinen Bewegungsnerven vor. Sie begleiten die Unthätigkeit des Antlitznerven nicht, wohl aber die des dreigetheilten oder des Hüftnerven. Wenn bisweilen die Zunge nach der Trennung der beiden Zungenfleischnerven geschwürig wird, so rührt dieses nur davon her, daß sie häufig von den Zähnen verletzt worden.

Der Nervenreichthum der Hirnhäute, der Beinhaut, der Markhaut der Knochen deutet darauf hin, daß die hier vorhandenen Nervenfasern mit den Ernährungsverhältnissen in Beziehung stehen. Bedenken wir überdies, daß die genannten Häute eine nicht unbedeutende Menge von Blutgefäßen gleichzeitig führen, während die gefäßärmeren Sehnen, Bänder u. dgl. weniger Nerven enthalten, so kann man vermuthen, daß Blut und Nerv wenigstens im Allgemeinen so ziemlich Hand in Hand gehen. Eine andere Frage dagegen, ob jene Nervenfasern von den übrigen wesentlich abweichen und daher eine eigene Klasse von Ernährungsfasern bilden oder ob sie im Grunde genommen mit den übrigen übereinstimmen, kann für jetzt nicht beantwortet werden. Das Mikroskop entdeckt keine Eigenthümlichkeiten des Markes oder Hüllen, die nicht auch an einzelnen anderen Nervenfasern vorkämen. Wir haben auch schon früher gesehen, daß die Nerven, welche die Pfortader oder die Nierenschlagader umstricken, heftige Eindrücke mit Schmerz beantworten können. Dasselbe gilt von den Fasern, welche von dem obersten Halsknoten des sympathischen Nerven des Kaninchens nach dem Kopfe emporsteigen.

Diejenigen Forscher, welche die Ganglien als die Quellen der Ernährungsnerven betrachten, berufen sich in der Regel auf die Einflüsse, welche der Gasser'sche Knoten und der oberste Halsknoten des sympathischen Nerven auf das Auge ausüben. Magendie und Longet geben an, daß die Ernährungsstörungen des Auges ausbleiben, so wie der dreigetheilte Nerv hinter und nicht vor dem Gasser'schen Knoten durchschnitten worden. Wir haben aber S. 439. gesehen, daß dieses wahrscheinlich nicht richtig ist. Die Blutüberfüllung der Regenbogenhaut tritt in Albinokaninchen binnen Kurzem hervor, so wie man die Fasern, die zwischen dem Gasser'schen Knoten und dem Gehirn liegen, und zwar selbst nur zu einem großen Theile verletzt hat. Wollte man nun behaupten, daß sich hier der Eingriff auf den Gasser'schen Knoten überträgt und daß erst hierdurch die Ernährungsveränderungen bedingt sind, so würde man nur eine neue unbewiesene Hypothese zur Rettung einer früheren schaffen.

Trennt man die Nerven, welche an der Carotis emporsteigen, im Kaninchen, so bleiben alle irgend beträchtlichen Ernährungsstörungen aus. Das Auge des Hundes und des Pferdes dagegen leidet, so wie man die obersten Knoten oder den obersten gemeinschaftlichen Stamm des Vagus und des Sympathicus angreift. Hält man sich aber nur an die letztgenannten Thiere, so können die Ernährungsstörungen, welche hier auftreten, mit denen, welche die Verletzung des dreigetheilten Nerven erzeugt, nicht wetteifern. Die Bindehaut entzündet sich, es vermehrt sich die Schleimabsonderung, es kommt aber nicht zu jener heftigen Eiterung, zu jenen Ergüssen in der vorderen Augenkammer, zur Berstung des Augapfels, wie sie die Kaninchen und vorzüglich die Hunde und die Katzen, deren dreigetheilter Nerv durchschnitten worden, dargeboten haben. Die Aeste des sympathischen Grenzstranges wirken hier weit schwächer, als die eines mit einem Knoten versehenen Cerebrospinalnerven. Dieser Unterschied spricht freilich nur gegen die Vorstellung, welche die Ernährungsquelle im Sympathicus selbst, nicht aber gegen die, welche sie in den Knoten überhaupt sucht. Bedenken wir aber, daß die Aeste, welche von den obersten Theilen des Vagus und des Sympathicus emporsteigen, weit nachdrücklicher und schneller auf die Bewegungen der Regenbogenhaut, als auf die Ernährung dieser Membran oder der anderen Theile des Auges wirken (S. 422.), so wird man zugeben, daß jene Thatsachen nicht beweisen, daß die Ganglien vorzugsweise nur Ernährungsnerven aussenden. Unsere völlige Unkenntniß der Einzelwirkung der Ganglienkugeln nöthigt uns vielmehr, jedes Urtheil in dieser Beziehung vorläufig aufzugeben und die Entscheidung dieses Theiles der Frage einer einsichtsvolleren Zukunft anheimzustellen.

Da die meisten Nerven der oben erwähnten Häute zu den schmalen bis mittelfeinen gehören, so hat man hieraus vorzüglich in neuerer Zeit geschlossen, daß sie dem sympathischen Nervensysteme angehören. Wir haben schon S. 603 fgg. gesehen, daß diese Voraussetzung anatomisch nicht gerechtfertigt ist. Manche der an den Gefäßen des Magengekröses dahingehenden Nerven, die wahrscheinlich aus dem Vagus stammen, unterscheiden

sich auf keine sichtliche Weise von den Nervenfasern des gleichen Hirnnerven, welche die Empfindungseindrücke der Zunge vermitteln. Allein auch physiologisch fehlen bis jetzt alle sicheren Beweise für jene Auffassung.

Eine Reihe von Fäden verbinden den Grenzstrang des sympathischen Nerven mit den einzelnen Stämmen des Hüftgeflechtes. Untersucht man diese Gebilde mikroskopisch, so findet man, daß die meisten Primitivfasern, wie Bidder und Volkmann schon angegeben haben, in peripherischer Richtung in die Stämme des Hüftgeflechtes einstreichen. Diese Thatsache beweist noch nicht mit Sicherheit, daß sie aus dem Grenzstrange entspringen und in den genannten Cerebrospinalnerven peripherisch verlaufen. Da wir die Fasern nur eine kurze Strecke überblicken können, so wäre das Umgekehrte eben so gut möglich. Manche freilich seltene Anschauungen sprechen sogar für diese Auffassung [1]).

Walther glaubte in der That gefunden zu haben, daß die Durchschneidung jener Verbindungsfäden einen sichtlichen Einfluß auf die Haargefäße und den Kreislauf der Schwimmhaut ausübt (S. 432.). Die Beobachtungen von Bidder [2]) stellen dieses jedoch in Abrede. Volkmann [3]) bemühte sich, zu beweisen, daß diese Verbindungsstränge, gleich den übrigen sympathischen Fasern dieses Forschers, keine Empfindungen vermitteln und daher einer eigenthümlichen Thätigkeitsrichtung ausschließlich vorstehen. Trennt man nämlich die Stämme des Hüftgeflechtes oberhalb jener Verbindungsäste, so ist es nicht mehr möglich, Reflexbewegungen durch die Reizung der Haut des entsprechenden Hinterbeines hervorzurufen. Diese Thatsache setzt voraus, daß die Primitivfasern, welche in jenen Verbindungssträngen enthalten sind, aus den Stämmen des Hüftgeflechtes nicht stammen und zur Haut und den Muskeln des Hinterbeines verlaufen. Wir haben eben gesehen, daß die erstere Annahme anatomisch bezweifelt zu werden vermag. Man kann aber auch einen Gegengrund von physiologischer Seite geltend machen. Es ist mir nämlich mehrere Male gelungen, lebhafte Bewegungen des untersten Theiles des Mastdarmes durch die mechanische Reizung einzelner jener Verbindungsstränge hervorzurufen.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so sehen wir, daß man für jetzt auf diesem dunkeln Gebiete nur zurückweisend zu verfahren vermag. Man kann die Gründe, die für die ausschließlichen Ernährungseinflüsse des Sympathicus oder der Ganglien bisher geltend gemacht wurden, bekämpfen. Positivere, unzweifelhaft beweisende Thatsachen, sicherere, ins Einzelne gehende Vorstellungen sind für jetzt unmöglich. Die zukünftige Forschung hat hier noch Alles zu leisten.

4622 Keine der bis jetzt bekannten Erscheinungen nöthigt zu der Annahme, daß der Sympathicus oder die Ganglien überhaupt ein in physiologischer Beziehung vollkommen selbstständiges, von dem Gehirn und dem Rückenmarke völlig unabhängiges Nervensystem bilden. Viele Erfahrungen deuten vielmehr darauf hin, daß alle Theile, die von Zweigen der Nervenknoten versorgt werden, von dem Gehirn und Rückenmarke aus bestimmt werden können. Der einzige Punkt, welcher für eine eigene Thätigkeit der Nervenknoten zu sprechen scheint, ist die Fortdauer der rhythmischen Bewegung des ausgeschnittenen Blutgefäßherzens. Allein selbst diese Thatsache ist noch einer anderen Deutung fähig. Man weiß überdies mit Bestimmtheit, daß auch der Schlag des Herzens vom Gehirn und Rückemark aus nach gewissen jetzt schon anzugebenden Regeln verändert werden kann.

Hat man das ganze centrale Nervensystem eines Frosches zerstört oder nur das verlängerte Mark, um das Leben länger zu erhalten, unversehrt gelassen, so sinkt allmälig die Empfänglichkeit der Cerebrospinalnerven und der quer gestreiften Muskelfasern des Rumpfes und der Glieder. Der Herzschlag, die Möglichkeit der Verdauung, die Absonderung des Harnes und wahrscheinlich auch die des Schleimes und der Galle dauern un-

[1]) Repertorium. Bd. VIII. S. 125.
[2]) Bidder, a. a. O. S. 356 fgg.
[3]) Volkmann, a. a. O. S. 602.

ter diesen Verhältnissen fort. Man schloß hieraus, daß das von Gehirn und Rückenmark unabhängige sympathische Nervensystem diese Ernährungsthätigkeiten beherrscht. Prüft man aber die Erscheinungen genauer, so ergiebt sich, daß diese Anschauungsweise durch jene Thatsachen nicht begründet wird.

Da das Herz fortschlägt, so wird auch die Blutmasse in den mit porösen Wänden versehenen Gefäßen fortgetrieben. Es muß daher ein Stoffwechsel schon als physikalische Nothwendigkeit eingeleitet werden. Die Fortdauer der Absonderungen überhaupt verräth noch keine besondere Thätigkeit oder Unthätigkeit von Nervengebilden. Spritzt man frisches Blut in die Eingeweideschlagader eines eben getödteten Hundes, so tritt eine Flüssigkeit, welche die Eigenschaften des Magensaftes besitzt, an der Oberfläche der Magenschleimhaut hervor.

Es ist bis jetzt noch nicht dargethan worden, ob und wie sich die Menge oder die Beschaffenheit der Absonderungen nach der Zerstörung des centralen Nervensystems des Frosches ändert. Ziehen wir die Krankheitsverhältnisse des Menschen zu Rathe, so kann man vermuthen, daß sich allerdings hier Unterschiede verrathen, daß also eher eine Abhängigkeit von dem Gehirn und dem Rückenmarke zum Vorschein kommen werde. Mag aber das Ergebniß ausfallen, wie es wolle, so kann es jedenfalls keinen sicheren Bescheid für die uns hier beschäftigende Frage liefern. Gesetzt, man bemerkte keine Abweichungen und es ließe sich sogar nachweisen, daß dieses von den Nerven herrührte, so dürfte man nicht vergessen, daß alle peripherischen Nerven ihre Eigenschaften eine Zeit lang bewahren, wenn sie auch selbst oder ihre Centralwerkzeuge verletzt worden und daß die Dauer dieser Krafterhaltung von ihrem Baue, ihrem Verhältnisse zu dem Kreislaufe, ihrer Lage und den Beziehungen, in denen sie zu ihren peripherischen Werkzeugen stehen, abhängt. Fänden sich Abweichungen, so könnten diese von den Unregelmäßigkeiten des Kreislaufes, der veränderten Porosität, der Trägheit der Bewegungswerkzeuge, den Störungen der Athmung und Blutbereitung herrühren.

Hat man das Rückenmark eines Frosches zermalmt, das Gehirn dagegen unversehrt gelassen, so findet man, daß die Kräfte der Cerebrospinalnerven und der ihnen entsprechenden quergestreiften Muskeln beträchtlich abnehmen, während das Blutgefäßherz ruhig fortschlägt. Wir werden bald sehen, daß diese Thatsache für die Unabhängigkeit der Herzganglien nicht genügen kann. Der Unterschied rührt viel mehr von der Abhängigkeit des Herzens von dem herumschweifenden Nerven und dem verlängerten Marke her. Hat man dieses zugleich zerstört, so bemerkt man häufig nach 2 bis 3 Tagen, daß das Herz nicht mehr klopft, ja selbst auf äußere Reize nicht mehr antwortet, während die Hinterbeine noch ziemlich kräftige Ausschläge zu liefern im Stande sind.

Man kann im Frosche mit Sicherheit nicht entscheiden, ob sich die Empfänglichkeit der einfachen Muskelfasern trotz der Zerstörung des Gehirns und des Rückenmarkes vollkommen unversehrt erhält. Hat man das letztere allein verletzt und ist dann die Reizbarkeit der Muskeln der Hinterbeine auf eine sehr niedere Stufe herabgesunken, so antwortet zwar noch oft der Darm deutlich und in der gewohnten trägen Weise, wie es in gesunden Fröschen ebenfalls häufig vorkommt. Gesetzt aber die Verletzung der Centraltheile des Nervensystems ließe selbst die Thätigkeit der einfachen Fasern unberührt, so würde hieraus nur folgen, daß diese Verkürzungsgebilde ihre passende Molecularbeschaffenheit länger bewahren oder daß ein geringerer Grad von Störung derselben einflußloser bliebe. Das Gleiche zeigt sich ja häufig genug nach dem Tode und zwar selbst an den vom Gekröse losgeschnittenen Darmstücken, an denen also das Mikroskop bis jetzt keine Ganglienkugeln nachweisen konnte. Wollte man aber selbst der hier geprüften Anschauungsweise zu Liebe zugeben, daß die Ganglien und deren Aeste jene größere Fähigkeit der einfachen Muskelfasern begünstigten, so folgte hieraus noch nicht der Hauptsatz, daß das sympathische Nervensystem vom Gehirn und Rückenmark unabhängig sei.

Geht die Verdauung regelmäßig vor sich, so müssen die Speisereste von dem Magen nach dem After geschoben werden. Dieser regelrechte Fortschritt ist noch in Thieren, deren Gehirn und Rückenmark entfernt werden, möglich. Wir haben also hier eine Kettenreihe von Bewegungen, die unabhängig von dem centralen Nervensysteme eingeleitet wird, die mithin, schloß man, von dem selbstständigen Gangliensystem abhängt. So richtig der erste Theil dieses Satzes auch ist, so wenig kann der zweite gerechtfertigt werden. Es frägt sich nämlich, ob hier ein Einfluß der außerhalb des Nahrungskanales gelegenen Nerven überhaupt nöthig ist. Nimmt man aber auch einen solchen an, so könn-

ten die Ganglienkugeln die Bewegungen theilweise bestimmen, ohne daß sie deshalb die Ursprungsquellen von Nervenfasern oder vollkommen unabhängige Nervencentra zu bilden brauchen.

Hatte Bidder [1]) das Rückenmark des Frosches zerstört, so bemerkte er häufig mehrere Wochen später, daß eine bedeutende Menge von Urin die Harnblase ausdehnte. Er glaubte dieses aus der Verschiedenheit der Nerven erklären zu können. Die Harnblase enthalte breite animale Fasern, die nach der Zerstörung der Centraltheile des Nervensystems gelähmt würden. Sie verlieren daher die Fähigkeit, den Harn in die Cloake überzutreiben. Der Sphinkter der Blase dagegen bleibe geschlossen, weil er wahrscheinlich von den in den Blasennerven enthaltenen dünnen sympathischen Fasern versorgt werde. Die anatomischen und die physiologischen Verhältnisse treten jedoch dieser Anschauungsweise entgegen. Die Nervengeflechte, die man in der zweikammerigen Harnblase des Frosches darstellen kann, gehören zu einem großen Theile nicht zu den schmalen, sogenannten sympathischen. Untersucht man ein Praparat, welches die eine Seitenhälfte der Harnblase nebst dem zu ihm gehörenden Gekröse enthält, so sieht man, daß die vielen mittelbreiten Nerven zahlreiche Ganglienkugeln neben sich haben. Bedenken wir überdies, daß die Harnblase des Frosches selbst ein unbedeutendes Verkürzungsvermögen besitzt, daß sie sich ohne die Nebenhilfe des Druckes der Bauchpresse nicht vollständig zu entleeren pflegt [2]) so dürfte die Lähmung der Bauchmuskeln, welche die Zerstörung des centralen Nervensystems begleitet, zur Anhäufung des Harnes in der Blase nicht wenig beitragen.

Dieser Umstand erklärt jedoch die oben erwähnte Thatsache in keiner vollkommen genügenden Weise. Man kann mit Recht vermuthen, daß der Sphinkter der Harnblase anhaltend geschlossen bleibt, weil sonst die Flüssigkeit in die Cloake und von da nach außen dringen würde. Die Ursache, weshalb dieses geschieht, ist noch völlig unbekannt. Wir haben schon Bd. I. §. 1572 gesehen, daß wahrscheinlich erst die quergestreiften Muskelfasern den Anstoß geben, weshalb der mit einfachen Fasern versehene Schließer der Harnblase einige Augenblicke später geöffnet wird. Die mit quergestreiften Fasern versehenen Muskeln der Cloake und des Afters (Compressor cloacae und Sphincter ani externus) des Frosches übernehmen vermuthlich eine ähnliche Rolle. Die Veränderung ihres Zustandes, ihr Uebergang aus einem Verhältnisse mittleren Tonus in Erschlaffung würde die Oeffnung des Blasenausganges nach sich ziehen.

Wollte man selbst ohne deutlichen Nachweis annehmen, daß der beharrliche Verschluß der Harnblase von den Ganglienkugeln der Blasennerven herrühre, so läge hierin ein Zeugniß für die Abhängigkeit von dem centralen Nervensysteme. Denn enthirnte Frösche, die zu Reflexbewegungen erregt werden, können gleichzeitig Urin entleeren, ohne daß man eine Zusammenziehung der Bauchmuskeln bemerkt [3]). Frösche dagegen, deren Rückenmark man ausgerottet hat, scheinen von selbst und ohne zufälligen Nebendruck nicht zu harnen.

Volkmann [4]) glaubte einen entscheidenden Beweis der Unabhahängigkeit des Gangliensystems in dem verschiedenen Verhalten des Blutgefäßherzens und der Lymphherzen des Frosches gefunden zu haben. Diese hängen von gewissen Stellen des Rückenmarkes ab. Die Zerstörung derselben beseitigt die Thätigkeit der Lymphherzen nach kurzer Zeit. Das Blutgefäßherz dagegen klopft lange nach der Entfernung des Gehirns und des Rückenmarkes fort. Die Schläge erhalten sich noch an dem ausgeschnittenen Herzen. Dieses hat mithin sein unabhängiges Nervencentrum für sich, während die Thätigkeit der Lymphherzen mit der des Rückenmarkes zu Grunde geht. Wir haben schon S. 473 gesehen, daß die die Lymphherzen betreffende Angabe nicht vollkommen richtig ist. Diese Gebilde können noch Stunden und selbst Tage lang fortklopfen, wenn man die entsprechenden Theile des Rückenmarkes zerstört hat. Die Art ihrer Zusammenziehung weicht nur von der regelrechten Verkürzungsweise ab. Die genauere Betrachtung der Thätigkeit der verschiedenen Herzen und der periodischen Bewegungen überhaupt

---

[1]) Bidder, in Müller's Archiv. 1844. Seite 373.
[2]) J. Markusen, De ranarum cloaca et vesica urinaria. Dorpati 1848. 4. p. 18.
[3]) Bidder, a. a. O. S. 375.
[4]) Volkmann, Ebendaselbst. S. 424 u. in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. Seite 618.

wird uns am Besten lehren, in welchen Schranken das Blutgefäßherz bevorzugt und ob hieraus ein Schluß auf die Unabhängigkeit des Gangliensystems gestattet ist.

Das Blutgefäßherz und die Lymphherzen des Frosches enthalten quergestreifte Fasern. Allein die Netzbalken der Vorkammern zeigen eine Eigenthümlichkeit, die mir sonst an keinem quergestreiften Muskel dieses Thieres begegnet ist. Die Fasern laufen sonst parallel neben einander. Die Vorkammern dagegen theilen sich bisweilen gabelig. Die Spaltungsäste legen sich an andere Fasern an, so daß hierdurch ein wahres Fasernetz erzeugt wird. Es kann sich daher die Thätigkeit einer fortlaufenden Faser über einen größeren Querbezirk als sonst ausdehnen. Sollte überdies noch eine Mittheilung von einem Faserbruchstücke auf das andere Statt finden, so müßte hierdurch die Breite der Gesammtzusammenziehung gewinnen.

Da einzelne Fasern der einen Vorkammer oder der einen Kammer auf die andere in den höheren Wirbelthieren übertreten, so liegt schon hierin eine Andeutung, weshalb sich beide Vorkammern oder beide Kammern gleichzeitig zusammenziehen. Der Wechsel der Verkürzung der Atrien und der Ventrikel hat aber vermuthlich seinen anatomischen Grund darin, daß die Muskelfasermassen der beiden Abtheilungen unter sich geschieden sind und daß nur die Gegend der Querfurche des Herzens den gemeinschaftlichen Ansatzbezirk für die meisten Faserzüge bildet. Eine Eigenthümlichkeit der Nervenverhältnisse, auf die wir sogleich zurückkommen werden, vervollständigt noch diese Einrichtung.

Der herumschweifende und der sympathische Nerv versehen das Herz des Menschen und der Säugethiere gemeinschaftlich und zwar jeder von ihnen mit verhältnißmäßig zahlreichen Zweigen. Wie aber der Vagus die Sorge für den Magen und einen Theil des übrigen Nahrungskanales der Fische vorzugsweise zu übernehmen pflegt, so scheint schon etwas Aehnliches für das Herz des Frosches wiederzukehren. Man kann zahlreiche Vagusfasern in den Vorkammern dieses Thieres nachweisen. Die Fäden des sympathischen Nerven sind jedenfalls in sehr geringer Zahl vorhanden [1]). Stärkere vom Grenzstrange hinübertretende Aeste sind bis jetzt nicht nachgewiesen worden [2]). Es erklärt sich hieraus, weshalb es noch nicht glückte, einen unzweifelhaften Einfluß des Sympathicus auf das Froschherz zu entdecken, während der des herumschweifenden Nerven mit Leichtigkeit dargethan werden kann.

Die Fasermassen des rechten und des linken herumschweifenden Nerven, welche mit den Blutadern zu den Vorhöfen des Froschherzens verlaufen, vereinigen sich in der Scheidewand des Atrium durch eine starke wechselseitige Anastomose. Zahlreiche Ganglienkugeln haften hier und früher an den Bündeln dieser Nerven. Sie sind jedoch immer an beiden Seiten zerstreut und verbinden sich nie zu einer mittleren gemeinschaftlichen Ganglienmasse [3]), die man als ein besonderes im Herzen selbst gelegenes nervöses Centralwerkzeug ansprechen könnte.

Die Nervenbündel und die Ganglienkugeln der Vorhöfe können an jedem Froschherzen bald dargestellt werden. Die Kammer dagegen spottet häufig allen Bemühungen. Dasselbe wiederholt sich für die Säugethiere. Sucht man hier in der Muskelmasse selbst, so findet man höchstens einzelne Fasern oder Faserbündel. Gesonderte Fasern, die dicht unter der Innenhaut bogig verlaufen, kommen nicht selten in größeren Säugethierherzen zum Vorschein. Ganglienkugeln konnten an ihnen bis jetzt nicht bemerkt werden.

Die Grundbedingung der Thätigkeit der verschiedenartigen Herzen besteht darin, daß sich die ihnen angehörenden Muskelmassen eine Zeit lang zusammenziehen, dann in eine Ruhepause verfallen, sich hierauf wiederum verkürzen u. s. f. Die abwechselnde Wirkung kehrt auch in anderen quergestreiften Fasern der Wirbelthiere bisweilen wieder. Das Zittern der Muskeln eines enthäuteten Frosches, des bloßgelegten Zwerchfelles eines getödteten Säugethieres unterscheidet sich nur dadurch, daß die Zeiten der Thätigkeit und der Ruhe kürzer auszufallen und vielleicht in höherem Grade zu schwanken pflegen.

Es läßt sich in vielen Fällen deutlich nachweisen, daß das Zittern nicht von den Muskelfasern selbst ursprünglich ausgeht, sondern von dem Einflusse des Nervensystems herrührt. Hatte ich z. B. einen eben enthaupteten Frosch rasch enthäutet, so zitterten die Muskeln des Vorderarmes die längste Zeit auf das Lebhafteste. Trennte ich

---

[1]) C. Ludwig, in Müller's Archiv. 1848. S. 139.
[2]) Schiff, in Griesinger's Sechswochenschrift. Bd. VIII. Stuttgart 1849. 8. S. 471.
[3]) Ludwig, a. a. O. S. 140.

dann den Armnerven mit einem scharfen Scheerenschnitte, so hörten die Muskelbewegungen plötzlich auf und kehrten später nicht wieder. Die ungehemmte Verbindung mit dem centralen Nervensysteme ist aber keineswegs nothwendig. Das Zwerchfell des Kaninchens zittert bisweilen noch lange fort, nachdem die beiden Zwerchfellnerven an beliebigen Punkten durchschnitten worden. Galvanische Froschpräparate zeigen nicht selten das Gleiche. Wir haben endlich sogar schon S. 653 gesehen, daß es in günstigen Fällen von der Richtung der eingeleiteten elektrischen Ströme, die auf den Nerven allein wirken, abhängt, ob das Zittern nur während der Dauer des Geschlossenseins der Kette auftritt oder nach dem Oeffnen derselben zum Vorschein kommt.

Fassen wir Alles zusammen, so ergiebt sich 1) daß die quergestreiften Muskelfasern der verschiedensten Körpertheile die Fähigkeit besitzen, eine Reihe rhythmischer Bewegungen, einen anhaltenden Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung darzubieten. 2) Man kann oft nachweisen, daß die Erscheinung von einer gewissen Stimmung der Nerven abhängt. 3) Ist diese vorhanden, so reichen die Primitivfasern allein zu dem erwähnten Einflusse aus. Das Zittern kehrt an Gebilden, deren Nerven keine Spur von Ganglienkugeln darbieten, wieder.

Kehren wir nun zu dem Blutgefäßherzen zurück, so können wir mit Recht schließen, daß auch hier die Ganglienkugeln die allgemeine Erscheinung des Wechsels der Thätigkeit und der Ruhe nicht bedingen. Die Lymphherzen beweisen das Gleiche in noch schärferer Weise. So oft ich die ausgeschnittenen hinteren Lymphherzen der Frösche unter das Mikroskop brachte, so wenig konnte ich je eine einzige Ganglienkugel in ihnen auffinden. Ich sah dagegen häufig genug feine und mitteldicke gewöhnliche Nervenfasern bündelweise dahinstreichen und sich hin und wieder geflechtartig vereinigen. Eben so habe ich ein aus seinem Nebenthorax entferntes Lymphherz eines frischen 8½ Fuß langen Phyton tigris mikroskopisch durchsucht und sogar einzelne seiner Nervenbündel zerfasert, ohne je auf eine Anhäufung von Ganglienkugeln gestoßen zu sein. Die Lymphherzen des Frosches klopfen dessenungeachtet Stunden lang nach der Zerstörung des Rückenmarks oder nach der Entfernung aller Theile, die vor dem Schwanzbeine liegen, fort. Wir können schon hieraus vermuthen, daß die Herznerven, so weit sie sich bei der uns hier beschäftigenden Frage betheiligen, eine Molecularbeschaffenheit oder eine Stimmung darbieten, welche auch an anderen Cerebrospinalnerven wiederkehren kann und der Beihilfe der Ganglien an und für sich nicht bedarf.

Es kommt häufig vor, daß ein ausgeschnittenes Froschherz von selbst fortschlägt, so wie es auf irgend eine Weise zur ersten Pulsation angeregt worden. Diese Erscheinung hängt ebenfalls nicht nothwendig von der Wirkung der Ganglienkugeln ab. Die Lymphherzen zeigen vollkommen das Gleiche. Hat man alle vor dem Schwanzbeine liegenden Theile hinweggeschnitten und haben dann die hinteren Lymphherzen zu schlagen aufgehört, so kann sie oft eine einzige mechanische Reizung zu einer lange fortgesetzten Reihe von Schlägen anregen. Der sichere Entscheid, ob ein Lymphherz noch von selbst klopft oder nicht, wird sogar oft durch diesen Umstand erschwert. Denn schon die bloße Vorbereitung, es in passendes Licht zu bringen, und die hiermit gelegentlich verknüpfte mechanische Zerrung kann die Bewegungen, die still gestanden, von Neuem hervorrufen. Wir haben übrigens schon früher gesehen, daß die Muskeln der Hinterbeine des Frosches, die vorher ruhten, nach der einmaligen vorübergehenden Reizung ihres Bewegungsnerven in anhaltendes Zittern verfallen können. Die Bewegung des Zwerchfellnerven des Kaninchens führt nicht selten zu ähnlichen Erfahrungen.

Eine andere Eigenthümlichkeit besteht darin, daß das einmal klopfende Blutgefäßherz manche Anregungen, denen es sonst gehorcht, nicht mehr beantwortet. Ich hatte z. B. ein Froschherz, das von selbst nicht schlug, ausgeschnitten. Legte ich die Leitungsdräthe einer schwachen Zink-Kohlenkette an den oberen Rand der Vorhöfe und die Querfurche des Herzens, so erhielt ich im Anfange eine Pulsation bei dem Schlusse und eine bei dem Oeffnen der Kette. Alle Theile ruhten dagegen während des Geschlossenseins und der Oeffnung der galvanischen Vorrichtung. Mochte der positive Pol an dem oberen Vorhofrande oder an der Querfurche liegen, so blieb das eben erwähnte Hauptergebniß das gleiche. Hatte ich dagegen die Versuche eine Zeit lang fortgesetzt, so klopfte das Herz von selbst fort. Es fehlte nun aber auch jeder sichtliche Einfluß der Schließung und der Oeffnung der Kette. Die Zahl der Pulsschläge schien sich nur im Anfange während des Geschlossenseins zu vergrößern.

Die Versuche, die man über den Einfluß des Nervensystems auf das Herz anstellt,

führen nicht selten zu ähnlichen Erscheinungen. Hat sich die Empfänglichkeit des Nerven bis zu einem gewissen Grade vermindert, so ändern selbst elektrische Reize, die den herumschweifenden oder den sympathischen Nerven oder das verlängerte Mark treffen, den Herzschlag gar nicht mehr oder wenigstens in keinem mit Sicherheit nachweisbaren Grade.

Das zitternde Zwerchfell zeigt bisweilen etwas Aehnliches. Die Trennung des Zwerchfellnerven hebt es nicht immer auf. Elektrisirt man diesen Nervenstamm, so daß sich die Muskelmasse des Zwerchfelles stärker zusammenzieht, so kann später das Zittern wiederkehren oder ausbleiben.

Obgleich viele andere Muskeln einen anhaltenden Wechsel von Verkürzung und Erschlaffung darbieten, so zeichnet sich doch das Herz durch die Regelmäßigkeit und die Dauer dieser Thätigkeitsweise aus. Die rhythmischen Schläge gehören bei ihm zur Norm, während sie nur unter gewissen ungewöhnlichen Nebenverhältnissen in den willkührlichen Körpermuskeln auftreten.

Die Lymphherzen stimmen noch am Meisten mit dem Blutgefäßherzen überein. Dieses besitzt aber auch ihnen gegenüber manche Vorzüge, die, wenn nicht in dem Wesen, doch in der Art und der Dauer der Verkürzung begründet sind.

Die Frage, ob die ausgeschnittenen hinteren Lymphherzen des Frosches fortschlagen, kann mit dem freien Auge mit Sicherheit nicht entschieden werden, weil dann die leisesten Regungen des zusammengefallenen Säckchens unkenntlich bleiben und das Zittern benachbarter, mit weggenommener Muskelmassen zu Täuschungen zu führen vermag. Die mikroskopische Beobachtung führt dagegen zu befriedigenderen Ergebnissen. Die umgebenden starken Muskelfasern unterscheiden sich hier so bestimmt von dem halbdurchsichtigen Lymphherzen, daß jeder Verdacht einer Irrung beseitigt wird. Hatte ich das lebhaft klopfende Lymphherz eines etwa eine Viertelstunde vorher enthaupteten Frosches mit einer kleinen Kniescheere vorsichtig ausgeschnitten und brachte es schnell unter das Mikroskop, so glückte es mir in einem Falle, das fortgesetzte Klopfen sehr deutlich zu beobachten. Das Säckchen des Lymphherzens zog sich lebhaft und schnell zu oft wiederholten Malen zusammen, während die benachbarten Muskelfasern vollkommen ruhten. Das Bild, welches die Schläge des Lymphherzens darboten, erinnerte an die Zusammenziehungen des Rückengefäßes der Insekten oder des noch die einfache Schlauchform darbietenden Herzens des Hühnerembryo. Die Pulsationen hielten aber nur 1 bis 2 Minuten an, während die Schläge des ausgeschnittenen Blutgefäßherzens weit länger dauern.

Hat man den hintersten Theil des Rückenmarkes zerstört, so klopfen zwar noch die hinteren Lymphherzen Stunden lang fort. Sie ziehen sich aber nicht mehr im Ganzen zusammen, sondern verfallen in zwei oder mehrere hinter einander liegende Abtheilungen, die sich nach einander verkürzen (S. 473.). Sie erscheinen zugleich in größeren Fröschen wie zusammengefallen oder wenigstens minder prall, als früher, gefüllt. Die Vorkammern und die Kammern des ausgeschnittenen Blutgefäßherzens dagegen klopfen ungetheilt. Es muß daher eine gewisse Bedingung, welche das Rückenmark für die hinteren Lymphherzen darbietet, in dem Blutgefäßherzen selbst liegen.

Tief greifende Verletzungen beliebiger Stellen des Rückenmarkes oder des verlängerten Markes ändern häufig genug die Schläge des Blutgefäßherzens und der Lymphherzen. Jenes steht nicht selten für mehrere Minuten still, wenn man die großen Gefäße oder die Vagusstämme des Frosches, mithin die Bahnen der Herznerven überhaupt durchschnitten hat. Die Lymphherzen können ähnliche Erscheinungen, wie wir sogleich sehen werden, darbieten. Sie sind aber in dieser Hinsicht empfindlicher. Sie ruhen häufig länger und bleiben sogar bisweilen für immer unthätig, während sich das Blutgefäßherz durchschnittlich eher erholt. Jene unterliegen sogar manches Mal Eingriffen, die sie unmittelbar nicht berühren, so wie irgend ungünstigere Nebenbedingungen hinzukommen. Die beiden hinteren Lymphherzen eines mit Aether betäubten und mit Zurücklassung des Unterkiefers enthaupteten Frosches, dessen unteres Eileiterstück Eier enthielt, klopften noch lebhaft und im Ganzen fort, nachdem ich die zwischen dem Schwanz- und dem linken Darmbeine befindlichen Muskelmassen entfernt, das Hüftgeflecht hier bloßgelegt und den Leisten- und den Schenkelast desselben (16. 17. Fig. 348, S. 454.) durchschnitten hatte. Trennte ich dagegen den linken Hüftast (18. Fig. 348.), so standen beide Herzen augenblicklich und für immer still. Mechanische Reize konnten keinen selbst nur unter der Lupe kenntlichen Schlag hervorrufen.

Panizza [1]) fand bei seinen anatomischen Untersuchungen, daß der dritte und der vierte Heiligbeinnerv, d. h. der neunte und der zehnte Rückenmarksnerv (18. 19. Fig. 348, S. 454.) die hinteren Lymphherzen des Frosches versorgt. Physiologische Versuche deuten darauf, daß noch andere Nervenbahnen vorhanden sind. Wir haben schon S. 434. gesehen, daß sich die Schläge der hinteren Lymphherzen von Fröschen, deren Hüftgeflecht, und zwar mit Einschluß des Schwanzbeinnerven, durchschnitten worden, Wochen lang erhalten können. Hatte ich alle Eingeweide des enthaupteten Thieres nebst dem Hüftgeflechte entfernt, so schlugen noch oft die beiden hinteren Lymphherzen im Ganzen, und nicht, wie nach der Zerstörung des Rückenmarkes, in einzelnen Abtheilungen. Schnitt ich dagegen noch das Schwanzbein und die beiden Darmbeine nebst den benachbarten Weichgebilden durch, so standen die Herzen im ersten Augenblicke still und klopften später in einzelnen, hinter einander liegenden Bruchstücken. Große Frösche führen in der Regel zu diesem Ergebnisse. Die Lymphherzen kleinerer Thiere dagegen scheinen empfindlicher zu sein. Es kam mir sogar ein Mal in einem mittelgroßen Frosche vor, daß beide hinteren Lymphherzen fortklopften, als ich die drei dicksten Stämme (18. 19. 20. Fig. 348, S. 454.) des rechten Hüftgeflechtes durchschnitten hatte. Trennte ich dagegen noch den Schwanzbeinnerven (20. Fig. 348.), so standen beide für immer still. Ein zweiter, etwas größerer Frosch, dessen Eileiter gefüllt war, lieferte eine andere Eigenthümlichkeit. Ich hatte das linke Hüftgeflecht von der Bauchseite her bloßgelegt und den Leisten-, den Schenkel- und den Hüftast desselben oberhalb der sympathischen Verbindungsfäden der Reihe nach durchschnitten. Das linke hintere Lymphherz schlug dessenungeachtet im Ganzen fort. Trennte ich dagegen den linken Schwanzbeinnerven so hoch als möglich, so hörte seine Pulsation für immer auf. Das rechte Lymphherz hatte durch die bisherigen Eingriffe nicht gelitten. Es klopfte im Ganzen weiter, nachdem die drei größeren Stämme des Hüftgeflechtes und der Schwanzbeinnerv oberhalb der sympathischen Verbindungsfäden, der gemeinschaftliche Stamm des Hüftgeflechtes dicht vor seinem Austritte aus der Bauchhöhle durchschnitten, alle Eingeweide, alle Nerven des Hüftgeflechtes, die Aorta mit ihren beiden Hüftzweigen, die Grenzstränge der sympathischen Nerven und der größte Theil des zwischen dem rechten Darmbeine und dem Schwanzbeine gelegenen Fleisches entfernt worden war. Trennte ich aber dann das rechte Hüftbein mit den an ihm haftenden Weichgebilden, so hörten die Schläge des rechten hinteren Lymphherzens plötzlich und für immer auf. Ich hatte endlich das Hüftgeflecht in einem andern Falle unversehrt gelassen und das Darmbein nebst den benachbarten Weichgebilden durchschnitten. Das entsprechende Lymphherz klopfte im Ganzen fort. Trennte ich aber das Schwanzbein und den letzten Rückenmarksnerven, so stand es augenblicklich still.

Man hat es als eine besondere Eigenthümlichkeit des Herzens angesehen, daß hier eine bestimmte Reihenfolge der Verkürzungserscheinungen auftritt, daß der Schlag der Vorkammern dem der Kammern vorangeht. Betrachten wir aber die Verhältnisse genauer, so finden wir, daß auch hier nur Gradunterschiede auftreten.

Ist die Thätigkeit des Herzens bis zu einer gewissen niederen Stufe gesunken, so klopfen häufig nur die Vorhöfe, während die Kammern ruhen. Es scheint aber auch in freilich seltenen Fällen im Frosche möglich zu sein, daß die Kammer allein schlägt. Abweichungen von dem gewöhnlichen Rhythmus kommen häufiger vor. Man bemerkt oft genug, daß mehrere Schläge der Vorkammern einer Kammersystole vorangehen. Die Kammer kann ebenfalls einen schwächeren Vor- und einen stärkeren Nachschlag statt einer einfachen Systole, vorzüglich wenn sie von den Vorkammern getrennt ist, darbieten.

Ziehen sich die hinteren Lymphherzen im Ganzen zusammen, so läßt sich nicht entscheiden, welcher Theil sich zuerst verkürzt. Haben sie sich aber in Folge der früher erwähnten Nervenverletzungen in mehrere Abtheilungen getrennt, so hat die hintere, so viel ich sah, ihre Systole einen Augenblick früher, als die vordere. Wir stoßen also auch hier auf eine gegebene Reihenfolge.

Reizt man den Muskel eines abgeschnittenen Froschschenkels mechanisch, so scheint nach Budge [2]) die Verkürzung immer da zu beginnen, wo der Nerv eintritt. Sollte

---

[1]) Panizza, in l'Ateneo. Napoli. 1847. 8. pag. 551.
[2]) Budge, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. III Abth. 1. S. 425.

sich dieses bestättigen, so könnte man hierin einen Fingerzeig suchen, weshalb die Systole der Vorhöfe der der Kammern vorangeht.

Die Vorzüge, welche das Blutgefäßherz darbietet, könnten möglicher Weise von der Anordnung der Muskelfasern, den im Herzen enthaltenen Nervengebilden oder beiden zugleich herrühren. Wir wollen nun sehen, welche Thatsachen für oder gegen diese einzelnen Vorstellungen sprechen.

Es ist keine Frage, daß Nervenverletzungen der verschiedensten Art den Herzschlag beeinträchtigen oder aufheben, ohne daß die Muskelmassen selbst irgend wie angegriffen werden. Lassen wir auch die später zu betrachtenden Einflüsse des centralen Nervensystems, des herumschweifenden und des sympathischen Nerven bei Seite, so kann man sich in Fröschen, die in der Gefangenschaft überwintert haben, am Leichtesten überzeugen, welchen Einfluß die Nerven in dieser Hinsicht ausüben. Hat man hier das Thier selbst vor dem verlängerten Marke enthauptet, das Herz bloßgelegt und so lange gewartet, bis die Schläge desselben eine gewisse Lebhaftigkeit erlangt haben, so kann man es oft sogleich zum Stillstande zwingen, so wie man es, ohne es selbst zu berühren, an den großen Gefäßen ausschneidet. Es beginnt oft erst nach mehreren Minuten von Neuem zu klopfen. Die Haupterscheinung bleibt sich gleich, das Herz mag viel oder wenig Blut führen, es mag in der Luft oder unter kaltem Wasser aufbewahrt werden. Es kann daher die Trennung aller Herznerven den Herzschlag für einige Zeit unmöglich machen. Der Eingriff scheint deshalb so nachtheilig zu wirken, weil die Nerven in unmittelbarer Nähe des Herzens verletzt werden.

Wir haben S. 683. gesehen, daß die größte Menge der Ganglienkugeln in den Vorhöfen und vorzüglich in der Scheidewand derselben im Frosche angetroffen wird. Schneidet man die Vorkammern los und spannt sie mit Nadeln unter Wasser aus, so findet sich nach R. Wagner [1]) eine beschränkte Stelle, die am Längsten oder von vornherein allein schlägt. Sie entspricht immer dem Aste des herumschweifenden Nerven, an dem die meisten Ganglienkugeln vorkommen. Man könnte hieraus schließen, daß diese die Dauer der Bewegung um so kräftiger unterhalten, je reichlicher sie vorkommen. Es muß jedoch bemerkt werden, daß sich die Verhältnisse häufig genug anders gestalten. Wiederholte ich den erwähnten Versuch im Frühjahre, so ereignete es sich, daß nur die äußere Abtheilung der Wand der linken Kammer, nachdem ich das Ganze unter Wasser ausgespannt, klopfte. Hatte ich die rechte Vorkammer aufgeschnitten, so änderte sich hierdurch der Schlag der linken nicht im Geringsten. Da die pulsirende Stelle nicht bis zur Scheidewand reichte, so konnte man mit der Lupe deutlich sehen, daß das dünne Septum völlig ruhig blieb. Dieses müßte sich aber am Längsten zusammenziehen, wenn die Menge der angelagerten Ganglienkugeln allein entschiede.

Kölliker [2]) und ich [3]) bemerkten gleichzeitig, daß die Gegend der Querfurche des Froschherzens einen besonderen Einfluß auf die periodischen Bewegungen desselben ausübt. Ich sah die zu diesem Schlusse führenden Erscheinungen in neugeborenen Katzen und in jungen Kaninchen ebenfalls wiederkehren.

Trennt man die Kammer eines ausgeschnittenen Froschherzens an einer beliebigen Stelle der Quere nach vollständig durch, so sieht man, daß der Theil, welcher die Herzspitze enthält, seine Schläge auf der Stelle oder nach wenigen Augenblicken einstellt. Der andere Abschnitt dagegen, der mit den Vorkammern zusammenhängt, setzt seine Pulsationen ruhig fort. Seine Verkürzung folgt, wie gewöhnlich, der der Vorkammern nach. Hat man ihn selbst bis auf einen schmalen Muskelring verkleinert, so ändert sich hierdurch das Wesen der Sache nicht. Schneidet man dagegen ein Herz ohne Weiteres an der Querfurche selbst durch, so ruht die Kammer, während die Vorhöfe in der Regel fortklopfen.

Verfolgte ich die Verhältnisse genauer, so fand ich, daß sich die Erscheinungen etwas anders gestalten, als sich nach diesen ersten Versuchen erwarten ließe. Ich hatte das Herz eines Frosches, dessen unteres Eileiterstück mit Eiern gefüllt war, so ausgeschnitten, daß noch kurze Strecken der großen Gefäße haften blieben. Ich trennte dann die Vorhöfe dicht an ihrem Anfange an der Querfurche mit einer feinen Kniescheere vorsich-

[1]) R. Wagner, in seinem Handwörterbuch. Bd. III. Abth. 1. S. 461.
[2]) A. Kölliker, Die Selbstständigkeit etc. S. 36.
[3]) Erste Auflage dieses Werkes. Bd. II. S. 767. 68.

tig los, hütete mich aber vor jeder Verletzung der Kammer. War diese von den Vorhöfen abgeschnitten, so klopfte sie dessenungeachtet ruhig und ziemlich kräftig fort. Lag sie auf dem Tische, so machte sie 20 bis 24 Schläge in der Minute. Die Zusammenziehung schritt von der Querfurche nach der Spitze hin weiter und die Endspitze wurde in passender Lage in die Höhe gehoben. Hing ich den Ventrikel an einer an seinem obersten Theile eingestochenen Staarnadel frei auf, so klopfte er noch 16 bis 20 Mal in der Minute. Man konnte vorzüglich an dem Querfurchentheile der Kammer selbst bemerken, daß er sich zuerst leise zusammenzog, ehe die Hauptverkürzung des Ganzen zu Stande kam. Hatte ich die selbstständigen Pulsationen der losgeschnittenen Kammer 20 Minuten lang beobachtet, so schnitt ich den obersten der Querfurche benachbarten Kammertheil durch. Der Schlag hörte augenblicklich auf. Reizte ich dann die Kammer auf mechanischem Wege, so verkürzte sie sich immer nur ein Mal.

Ich wiederholte den gleichen Versuch an einem männlichen Frosche, der sich zwei Tage vorher begattet hatte. Die losgeschnittene Kammer klopfte auch hier sehr kräftig, aber nur 8 bis 9 Mal in der Minute. Die Vorkammern blieben in beiden Fällen ruhig und konnten selbst durch mechanische Eingriffe nicht angeregt werden. Man würde jedoch irren, wenn man hieraus schließen wollte, daß die Trennung der an die Querfurche grenzenden Vorhoftheile den Schlag der Vorkammern nothwendiger Weise aufhebt. Man kann das Gegentheil hiervon an anderen Fröschen bemerken.

Der Theil der Kammer, der unmittelbar an die Querfurche grenzt, verräth häufig ein gewisses Vorrecht vor den übrigen Abschnitten des Ventrikels. Befand sich das Herz von Frühlingsfröschen auf der niedersten Stufe der Empfänglichkeit, so konnte ich häufig bemerken, daß sich nur der an die Querfurche grenzende Theil der Kammer zusammenzog. War die Gegend der Herzspitze mit der Pincette gedrückt oder der Länge nach durchschnitten worden, so trat diese theilweise Kammersystole als Regel hervor. Ich hatte endlich ein Froschherz, in dem nur eine beschränkte Stelle der einen Seitenhälfte der Vorkammern sichtlich klopfte. Betrachtete ich es unter der Lupe, so sah ich, wie sich nur der ihm benachbarte Querfurchentheil der Kammer im nächsten Augenblicke zusammenzog. Alle übrigen Theile des Ventrikels dagegen boten keine Verkürzung dar.

Die meisten Muskelfasern der Kammer setzen sich an die Querfurche an. Diese ist es auch, die zunächst durch die Systole des Vorhofes gleichsam aufgerüttelt wird. Man kann sich hieraus erklären, weshalb sich die letzten Thätigkeitsspuren der Kammer auf die Querfurchengegend beschränken. Es ist jedoch schwerer einzusehen, weshalb die periodischen, selbstständigen Schläge nach ihrer Verletzung aufhören. Da der losgeschnittene Spitzentheil des Herzens eine einfache Reizung mit mehreren Schlägen unter günstigen Verhältnissen beantwortet, so folgt, daß die Möglichkeit der periodischen Wiederkehr der Zusammenziehung durch die Entfernung der Anfangsstücke der Muskelfasern nicht beseitigt wird. Es muß jedoch in ihnen oder in ihren Nachbargeweben ein Grund liegen, weshalb die rhythmische Bewegung bei ihrer Anwesenheit begünstigt wird.

Sticht man einen beliebigen Punkt der Oberfläche der ruhenden Herzkammer an, so beginnt die Antwort mit einem Schlage der Vorkammer, der dann eine Zusammenziehung des Ventrikels nachfolgt. Es kann sogar vorkommen, daß sich die Vorhöfe allein sichtlich verkürzen. Ich hatte das Herz eines großen lebhaften männlichen Frühlingsfrosches eine Viertelstunde nach der Enthauptung ausgeschnitten. Es ruhte in den ersten Minuten gänzlich. Stach ich die Kammer und zwar in ihre Herzspitzenhälfte, so zog sich zuerst der Vorhofstheil, der neben der Aorta liegt, und dann die Gesammtmasse der Atrien zusammen. Der Ventrikel dagegen, dessen Außentheile ich mit einer Lupe beobachtete, blieb völlig ruhig. Dieser Versuch gelang drei Mal hinter einander. Es blieben die Gruben, welche die drei Einstiche veranlaßt hatten, zurück. Wäre man sicher, daß sich die Fasern der empfindlicheren Innenseite der Kammer gar nicht verkürzten, so könnte man diese Erscheinung nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen kaum anders als durch Nervenleitung erklären. Man müßte aber dann annehmen, daß die Zuleitung von der Kammer aus leichter, als die Verkürzung des Ventrikels zu Stande kommt.

Volkmann [1]) hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß beschränkte Längsschnitte, die von der Spitze des Frosch- oder Fischherzens nach der Querfurche hin geführt werden, die Herzbewegung nicht stören, so lange ihre Ausdehnung eine gewisse Grenze nicht

[1]) Volkmann, a. a. O. S. 616.

überschreitet. Haben sie aber eine bestimmte Länge erreicht, so klopfen beide Hälften in ungleichem Rhythmus oder eine oder beide stehen still, obgleich sie für örtliche Reize in der ersten Zeit empfänglich bleiben. Man kann sich von diesen Thatsachen sogar an der isolirten Kammer des Froschherzens unter geeigneten Verhältnissen bald überzeugen. Ich hatte z. B. das Herz eines lebhaften Frühlingsfrosches ungefähr eine halbe Stunde nach der Enthauptung ausgeschnitten und die Vorkammern dicht an der Querfurche losgetrennt. Schnitt ich nun die Kammer eine kurze Strecke weit von der Spitze nach der Querfurche zu gänzlich durch, so schien die Zusammenziehung des Ventrikels nicht wesentlich zu leiden. Ging ich weiter bis über die Mitte der Länge hinaus, so klopften zwar noch beide Hälften, aber nicht mehr gleichzeitig, sondern abwechselnd, so daß gewissermaaßen Vor- und Nachschlag, wie sonst zwischen den Vorhöfen und der Kammer auftraten. Trennte ich hierauf nur die eine Wand der Kammer bis zur Querfurche, während die andere unverletzt blieb, so schlug der Theil, dessen Querfurchenabschnitt unverletzt geblieben, von selbst fort, während der andere ruhte. Verletzte ich endlich noch jenen selbst, so hörten die selbstständigen Schläge bald auf, die beiden Hälften verloren ihre Empfänglichkeit in sehr kurzer Zeit, allein die eine merklich früher, als die andere. Verfolgte ich diese Versuche in anderen Froschherzen, so gab sich der Vorzug, dessen sich die der Querfurche nahe gelegenen Theile des Ventrikels erfreuen, in mehrfacher Hinsicht kund. Hat man nämlich den Spitzentheil der Kammer bis zu einer gewissen Strecke der Länge nach halbirt, so sieht man, daß sich dieser nicht mehr zusammenzieht, während die der Querfurche nahe gelegene Abtheilung fortschlägt. Diese zieht bisweilen das Spitzenstück passiv nach sich; es läßt es in anderen Fällen, in denen es mit weniger Kraft arbeitet, in Ruhe. Jener Umstand täuscht auch häufig bei kürzeren Längsschnitten, weil man die passive Bewegung für eine selbstständige mit unbewaffnetem Auge zu halten geneigt ist. Der der Querfurche näher gelegene Theil der Kammer schlägt auch in der Regel länger, als das getheilte Spitzenstück. Klopft es nicht mehr von selbst, so behält es seine Empfänglichkeit für mechanische Reize längere Zeit zurück.

Hatte ich die Kammern des Herzens eines Frühlingsfrosches sorgfältig losgelöst und halbirte die vordere und die hintere Wand derselben von der Querfurche aus in der Richtung der Herzspitze zu, so schlug das ganze Herz ruhig fort. Die beiden Hälften der der Querfurche angehörenden Abtheilung des Spitzenstücks zogen sich gleichzeitig zusammen und gehorchten demselben Rhythmus. Machte ich nun aber einen dritten ähnlichen Längsschnitt an dem linken äußeren Winkel der Kammer, so stand die Bewegung der ganzen Kammer, deren Spitzentheil immer noch unverletzt geblieben, plötzlich still. Kein mechanischer Reiz konnte eine vollständige Zusammenziehung mehr hervorrufen. Ein zweiter Versuch der Art führte zu dem gleichen Ergebnisse, nur daß hier die Verlängerung des Längsschnittes der vorderen und der hinteren Wand der Kammer den Stillstand des ganzen Ventrikels zur Folge hatte.

Fassen wir das eben Mitgetheilte zusammen, so ergiebt sich, daß sich die Vorkammern der bedeutendsten Vorzüge erfreuen, daß dann der der Querfurche nahe gelegene Theil der Kammer des Froschherzens nachfolgt und daß endlich der Spitzentheil die größte Abhängigkeit darbietet. Da das Querfurchenstück der Kammer seine günstigeren Bedingungen auch nach der Entfernung der Vorhöfe bewahrt, so ergiebt sich von selbst, daß jene nicht von den zahlreichen Ganglienmassen, die sich in den Seitenwänden und der Scheidewand der Vorhöfe finden, unmittelbar unterhalten werden. Wir haben aber schon früher gesehen, daß der rhythmische Schlag überhaupt die Beihilfe der Ganglienkugeln nicht nothwendig hat, wie die Lymphherzen am Deutlichsten lehren. Da nun bis jetzt keine Anhäufungen von Nervenkörpern in dem Querfurchenstücke des Froschherzens nachgewiesen worden, so ist man vorläufig nicht berechtigt, die eigenthümlichen Folgen der Theilung des Querfurchenabschnittes von Centralganglien, die hier vorkommen müßten, herzuleiten. Man kann aber auch freilich die näheren Ursachen jener Erscheinungen mit Sicherheit nicht angeben.

Wir haben schon §. 2246. gesehen, daß die Innenfläche des Herzens eine größere Empfänglichkeit, als die Außenfläche besitzt. Die Reizversuche, die ich mit dem Magnetelektromotor an einer mit Aether betäubten Haselmaus anstellte, bestättigten dieses in auffallender Weise. Ich hatte die Vorkammern von den Kammern losgeschnitten. Diese klopften nicht mehr von selbst. Legte man die dünnen Leitungsdräthe an die Außenfläche der Ventrikel, so blieb Alles in Ruhe. Wurden sie dagegen an die Innenfläche

oder einer an die innere und der zweite an die äußere Oberfläche gebracht, so folgte ein Schlag einer jedesmaligen Reizung nach. Diese Beobachtung konnte drei Mal hintereinander mit dem gleichen Erfolge wiederholt werden. Regte ich dagegen die Außenfläche allein in der Zwischenzeit an, so blieb Alles still. Die rechte Kammer eines Hundes lieferte die gleichen Ergebnisse. Sie zog sich nur zusammen, wenn man die Dräthe durch einen an der Querfurche angebrachten Einschnitt an die Innenfläche, nicht aber, wenn man sie an einen beliebigen Punkt der Außenfläche anlegte.

Läßt man Luft, Blut oder eine andere passende Flüssigkeit in die Hohlräume des ruhenden Herzens einströmen, so beleben sich hierdurch die Schläge von Neuem. Kaltes Wasser dagegen stört hier leicht durch die Nebenwirkungen, welche die niedere Temperatur ausübt. Es lähmt sogar oft den noch thätigen Herzschlag einzelner Säugethiere, z. B. der Katze. Ein Herz, das eine mäßige oder eine geringe Menge Blutes enthält, liefert im Allgemeinen günstigere Bedingungen als ein blutentleertes. Dieses ruht nach Schiff in luftverdünntem Raume, während jenes unter den gleichen Verhältnissen fortschlägt. Liegt eine halbfeste Blutmasse an einer Stelle der Kammerwand an, so bildet sie bisweilen den Ausgangspunkt einer neuen Verkürzung. Ich sah dieses z. B. am Deutlichsten in dem Herzen einer Henne, die vor ungefähr 3 Stunden gestorben war. Die linke Kammer schlug nicht mehr. Die rechte dagegen zog sich zwar nach der Systole der rechten Vorkammer zusammen. Allein die Verkürzung begann an einer der untersten Spitze nahe gelegenen Stelle, an der ein Blutgerinnsel durchschimmerte und schritt von da nach der Gegend der Querfurche hin fort. Schnitt ich die vordere Kammerwand unten ein und entfernte die Blutmasse, so hörten die Schläge des Ventrikels sogleich auf.

Das Blut wirkt hierbei nicht durch gewisse verborgene Eigenschaften, welche die Empfänglichkeit unterhalten, sondern durch den auf die Innenfläche der Kammer ausgeübten Reiz, der eine Verkürzung zur unmittelbaren Folge hat. Hat man ein Kaninchen durch einen Schlag auf den Kopf oder einen Hund durch Erhenken, durch eine Einspritzung von Kreosot in das Blut, durch Strychnin oder durch Blausäure getödtet, so findet man häufig, daß die von Blut strotzende rechte Herzhälfte ruht und durch keinen auf ihre Außenfläche angebrachten Reiz zur Thätigkeit angeregt wird. Entleert man aber Blut aus dem unteren Theile der Drosselvene, so folgen die Schläge auf der Stelle nach. Sie verstärken sich, wenn sie schon früher nur schwach dahinschlichen [1]).

Das ausgeschnittene Herz steht in dem möglichst luftverdünnten Raum still. Läßt man frische Atmosphäre hinzu, so beginnen seine Schläge von Neuem [2]). Diese erhalten sich dagegen in einer Luftmasse, die nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Spannung der Atmosphäre darbietet (§. 2231.). Das lebende Herz befindet sich freilich in einem von der Luft abgeschlossenen Raume. Allein das Blut führt immer Gase, welche so in absorbirtem Zustande zur inneren Oberfläche des Herzens gelangen. Die Lähmung des Herzens, die wir häufig nach der Vergiftung durch Gase oder aufgelöste Körper bemerken, kann zum Theil nur durch die Berührung des Blutes und der Wände der Herzhöhlen erklärt werden.

Obgleich die beiden Vorkammern und die beiden Kammern gleichzeitig zu schlagen pflegen, so trennen sich doch gleichsam diese Gebilde, so wie das Leben abstirbt. Wir sehen häufig genug, daß nur die beiden Vorhöfe und die rechte Kammer oder nur diese und die rechte Vorkammer oder nur die letztere allein ihre Pulsationen fortsetzen. Es ist bis jetzt nicht gelungen, diese Scheidung durch Verletzung der Nervenstämme, die zu dem Herzen verlaufen, oder der ihnen entsprechenden Centraltheile künstlich herbeizuführen. Wir können daher vermuthen, daß der Grund derselben in dem Herzen selbst liegt.

Wir haben §. 2269. gesehen, daß sich für jetzt nicht angeben läßt, ob sich die quergestreiften Muskelfasern nur unter dem Einflusse der ihnen entsprechenden Nerven zusammenziehen oder nicht. Eine ähnliche Unbestimmtheit kehrt auch für das Herz wieder. Berücksichtigen wir aber die eben dargestellten Thatsachen, so können wir mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß der Herzschlag keine sogenannte Reizbarkeitsbewegung ist, d. h. daß er nicht bloß von den Muskelfasern abhängt, sondern daß die Nerven eine wesentliche Stelle übernehmen. Denn 1) haben wir gesehen, daß es gewisse Nervenver

[1]) J. Reid, Physiological etc. Researches p. 51 fgg.
[2]) Fr. Tiedemann, in Müller's Archiv. 1847. p. 490 — 98.

hältnisse sind, welche die abwechselnden Verkürzungen und Erschlaffungen anderer quergestreiften Muskelmassen bedingen. 2) Läßt sich der Einfluß, den die Verletzungen der Querfurchengegend auf die Muskelmassen des Spitzentheils der Kammer ausüben, das frühere Absterben der einen Herzhälfte vor der anderen, während beide durch Querfasern verbunden sind, die Anregung der Vorkammerverkürzung von der Kammer aus, die ruhig bleibt, kaum anders als durch Vermittelung der Nervengewebe begreiflich machen.

Die Vorstellung dagegen, daß diese Erscheinungen von einem in dem Herzen selbst enthaltenen gangliösen Centralwerkzeuge herrühren, wird weder nothwendiger Weise gefodert, noch durch den Thatbestand selbst begründet. Die Anatomie streitet wider die Voraussetzung, daß ein einziges Centralganglion im Herzen vorhanden ist. Wir finden vielmehr zerstreute, zum Theil paarige Anhäufungen von Ganglienkugeln. Die Erfolge, welche die verschiedenartigen künstlichen Theilungen der Vorhöfe und der Kammern nach sich ziehen, lehren deutlich, daß es nicht eine einzelne beschränkte Stelle des Herzens giebt, von der aus die Gesammtbewegungen geleitet werden. Die Querfurchengegend der Kammer des Froschherzens hat bis jetzt keine Anhäufungen von Ganglienkugeln dargeboten. Es muß dagegen unentschieden bleiben, von welchen Theilen der Nervengebilde der entschiedene Rhythmus und die längere Dauer des Schlages des ausgeschnittenen Herzens abhängen.

Wollte man auch hypothetisch zugeben, daß dieser Vorzug von den Ganglienkugeln herrührt, so würde dieses noch nicht für die Selbstständigkeit des Gangliensystems, viel weniger des Sympathicus zeugen. Der letztere betheiligt sich fast gar nicht an den Herzbewegungen des Frosches. Der cerebrospinale herumschweifende Nerv übernimmt hier die Hauptrolle. Die Abhängigkeit des Herzens von dem centralen Nervensysteme tritt überdies auf jedem Schritte, den man auf diesem Gebiete macht, entgegen.

Der Wechsel des Herzschlages, den heftige Gemüthsbewegungen nach sich ziehen, die von Legallois bemerkte Thatsache, daß das Herz der Säugethiere nicht selten plötzlich still steht, so wie man einen beliebigen Theil des Rückenmarkes möglich schnell zerstört hat, bilden zu verwickelte Erscheinungen, als daß man sie als unmittelbare Beweise der Abhängigkeit des Herzens von einzelnen Centraltheilen betrachten könnte. Dasselbe gilt von den Erfahrungen, welche Magendie [1]) mit seinem Cardiometer gewonnen hat. Drückt man die vordere Wurzel der Lendennerven des Hundes zusammen, so steigt die Quecksilbersäule des in die Carotis eingeführten Manometers, kehrt aber bald zu ihrem früheren Stande zurück. Wiederholt man den Versuch an einer hinteren Wurzel, so steht die Säule im ersten Augenblicke still oder sinkt sogar. Sie hebt sich aber später beträchtlicher, als in dem vorigen Falle und erhält sich auf dieser Höhe für längere Zeit.

Die Wirkungen der Zerstörung des verlängerten Markes oder der Trennung der einzelnen Nerven liefern entscheidendere Thatsachen. Hatte Schiff [2]) die Lungen von Fröschen ausgeschnitten oder den Kehlkopf zugenäht und verklebt, so lebten die Thiere im Durchschnitt 5 bis 6 Tage. Löste er nur den Unterkiefer anderer Frösche los, um die Kehlathmung unmöglich zu machen, so erhielt sich das Leben noch länger. Hatte er dagegen das verlängerte Mark zerstört, so setzte sich der Herzschlag oft nur 5 Stunden, höchstens aber 2 Tage fort. Da nun kein Grund vorliegt, weshalb die Zerstörung des verlängerten Markes die Hautausdünstung unterdrücken sollte, so ergiebt sich, daß sie die Dauer des Herzschlages unmittelbar und nicht etwa deshalb verkürzt, weil die Athmungsthätigkeit der Lungen aufgehoben worden. Leitet man die künstliche Athmung in Säugethieren ein, so erhält sich der Herzschlag länger, wenn das verlängerte Mark unversehrt, als wenn es zerstört ist.

Hatte Schiff [3]) die Wurzeln der beiden herumschweifenden Nerven (9 Fig. 348. S. 454.), der ersten Rückenmarksnerven (10 Fig. 348.) und der Armnerven (11 Fig. 348.) in Fröschen durchschnitten, so erhielt sich der Herzschlag im günstigsten Falle 78 Stunden. Zerstörte er alle hinter dem verlängerten Marke liegenden Ursprungsstellen der Nerven oder nahm

[1]) Magendie, in den Comptes rendus. Tome XXV. Paris 1847. 4. p. 875 — 879. und 926 — 28.

[2]) Schiff, in Griesinger's Vierteljahrsschrift. Bd. VIII. Stuttgart 1849. 8. Seite 445 fgg.

[3]) Schiff, a. a. O. S. 473 fgg.

er sogar die hintere Abtheilung des verlängerten Markes und die beiden ersten Ganglien des Herzstranges des Sympathicus fort, so verlängerte sich jener Termin auf 80 bis 81 Stunden. Schnitt er das centrale Nervensystem dicht hinter dem Ursprunge des dreigetheilten Nerven durch und entfernte alle hinter der Verletzungsstelle befindlichen Theile des centralen Nervensystemes, so hörte die Athmung vollständig auf. Der Kreislauf erhielt sich aber noch 85 Stunden lang. Die bloße Trennung der beiden Vagi wird ungefähr 4 Tage überlebt. Hatte aber Schiff die beiden dreigetheilten Nerven (5 Fig. 348.) außer den herumschweifenden und den ersten Rückenmarksnerven getrennt, so stand das Herz meistentheils in wenigen Stunden still. Ein Versuch ergab 17 Stunden als Maximum. Ließ er aber die ersten Rückenmarksnerven unversehrt, so verlängerte sich dieser Zeitraum auf 49 bis 55 Stunden.

Man sieht hieraus, daß der Kreislauf und der selbstständige Herzschlag der Frösche in wenigen Stunden zu Grunde geht, so wie man die Wurzeln des dreigetheilten, des herumschweifenden Nerven und des ersten Rückenmarksnerven beiderseits getrennt hat. Bleibt aber nur eine dieser Nervenbahnen unversehrt, so erhält sich der Herzschlag mehrere Tage lang. Wir hätten also hier ein ähnliches Verhältniß, wie an der Speiseröhre, deren Wellenbewegungen erst nach der Durchschneidung beider herumschweifenden Nerven, nicht aber eines einzigen hinwegfallen.

Die merkwürdigen Ergebnisse, welche Schiff [1]) an 9 Raben beständig erhielt, bestättigen dasselbe. Hatte er die beiden herumschweifenden Nerven am Halse durchschnitten und die an den Armnerven liegenden Ganglien bloßgelegt, so dauerte der Herzschlag fort. Die Thiere liefen umher und verriethen ihre Athemnoth durch das öftere Aufsperren des Schnabels. Wurden dann jene Armnerven ausgerissen, so fanden sich Zuckungen ein. Der Herzschlag verstärkte sich in den ersten Secunden, wurde aber bald schwach und hörte binnen Kurzem gänzlich auf. Andere Vögel zeigten diese Erscheinungen nicht.

Es wurde schon S. 464 fgg. angeführt, daß einzelne, den Einflüssen des Magnetelektromotors ausgesetzten Theile des centralen Nervensystems das Herz zum Stillstand bringen, andere dagegen diesen Einfluß nicht ausüben oder die Thätigkeit des Herzens von Neuem beleben. Wir haben hierbei gesehen, daß hintere Theile des Rückenmarkes der Schleihe, welche auf die quergestreiften Fasern des Darmes nicht mehr wirken, den Herzschlag aufheben. Das Rückenmark des Frosches scheint sich in dieser Hinsicht indifferent zu verhalten, während der obere Theil desselben in den Säugethieren den Herzschlag zu beleben vermag. Alle bis jetzt von mir geprüften Wirbelthiere, Hund, Kaninchen, Maus, Haselmaus (Sorex araneus), Taube, Frosch, Quappe (Gadus Lota), Forelle (Salmo fario) und Schleihe (Tinca chrysites) zeigten übereinstimmend, daß das verlängerte Mark das Herz am Leichtesten zur Ruhe zwingt.

Man kann sich durch vergleichende Versuche an Säugethieren überzeugen, daß der Vorzug des verlängerten Markes vor Allem von den herumschweifenden Nerven herrührt, während der obere Theil des Rückenmarkes den Herzschlag von Neuem belebt. Sind jene beiden Nerven durchschnitten, so erzeugt die Reizung des verlängerten Markes keinen Stillstand. Sie bleibt entweder wirkungslos oder führt in günstigeren Fällen zu einer Beschleunigung der Herzzusammenziehung. Ich hatte z. B. die beiden herumschweifenden Nerven eines lebenden Kaninchens ausgerissen. Das Thier starb bald darauf an Zuckungen. Wurde die künstliche Athmung eingeleitet, so erhielt sich der Herzschlag lange trotz der Trennung der Vagi. Es klopfte aber häufig nur die rechte Vorkammer, während die Kammer ruhig blieb. Setzte man dann das verlängerte Mark oder die Gegend der beiden obersten Knoten des Grenzstranges des Brusttheiles des Sympathicus dem Einflusse des Magnetelektromotors aus, so nahm auch die Kammer an dem Herzschlage Theil. Dieser Versuch konnte mindestens 10 Mal mit dem gleichen Erfolge wiederholt werden. Galvanisirte man beide herumschweifende Nerven oder nur den rechten Halsstamm, so ruhten die Vorkammer und Kammer, wenn sie beide klopften oder es stand jene allein still, wenn sie unmittelbar vorher ausschließlich thätig war. Hörte die Reizung auf, so begann die Pulsation augenblicklich von Neuem. Dieser Versuch wurde 5 Mal mit demselben Erfolge wiederholt. Legte ich die Dräthe an die Querfurche des Herzens, so bewegten sich die Vorkammern und die Kammern äußerst lebhaft. Kehrte ich zum rechten Vagus zurück, so fand sich der frühere

[1]) Schiff, a. a. O. S. 486.

Stillstand augenblicklich ein. Dieser Wechselfall gelang ebenfalls mehrere Male. Setzte ich endlich wieder die Dräthe in das verlängerte Mark, so lieferten drei hinter einander gemachte Beobachtungen das gleiche eigenthümliche Ergebniß. Es schlugen nämlich nur die Vorkammern, so lange die Ströme durchgingen, beschleunigt fort. Die rechte Kammer, die indeß völlig ruhig geblieben war, zog sich in demselben Augenblicke, in dem die Dräthe fortgenommen wurden, lebhaft zusammen.

Die Längstheilung des verlängerten Markes hebt den Einfluß desselben nicht nothwendiger Weise auf. Ich hatte den linken Halsstamm des herumschweifenden Nerven eines lebenden Hundes zu anderen Zwecken durchschnitten. Das Thier wurde ungefähr eine halbe Stunde später durch Verblutung getödtet und das verlängerte Mark bloßgelegt. Sprach ich es mit den Dräthen des Magnetelektromotors an, so stand das Herz still. Die Ruhe überdauerte hier die Reizung eine Zeit lang. Ich theilte nun das ganze verlängerte Mark der Länge nach. Die elektrische Reizung der linken Hälfte störte die Herzbewegungen nicht im Geringsten. Legte ich dagegen die Dräthe an die rechte Hälfte und zwar oben und innen möglichst weit von den Wurzeln des Vagus und des Accessorius an, so erhielt ich zu wiederholten Malen Stillstand und zwar Anfangs mit Nachruhe und später ohne dieselbe.

Die Säule des Magnetelektromotors muß in diesen Versuchen möglichst schwach mit Kochsalzlösung geladen sein. Vertauscht man diese mit größeren Mengen verdünnter Schwefelsäure, so erhält man leicht unipolare Wirkungen, wie sich auch die galvanischen Froschpräparate in gleichem Falle zusammenziehen, so bald der zweite Leitungsdrath mit dem Erdboden verbunden ist (§. 2209). Die Berührung des einen Leitungsdrathes und des verlängerten Markes reichten hin, um das Herz des Hundes oder des Kaninchens zum Stillstand zu bringen.

Ich prüfte zunächst die verschiedenen Hauptbezirke des Gehirns und des obersten Theils des Rückenmarkes in 9 Mäusen, die in Aetherdunst betäubt worden und in denen ich das Herz und das centrale Nervensystem so rasch, als möglich bloßlegte. Die Empfänglichkeit der übrigen Hirngebilde geht hier früher, als die des verlängerten Markes und diese noch bedeutend eher als die des herumschweifenden Nerven verloren. Legt man die Dräthe an das Herz selbst, so erhält man noch Wirkungen, wenn alle genannten Nervenstücke längst versagen. Man kann daher nur auf die ersten Versuche mit Sicherheit rechnen. Ich wechselte deshalb auch die Orte in den einzelnen Beobachtungen, indem ich das eine Mal das große, in einem zweiten Thiere das kleine Gehirn, in einem dritten den obersten Theil des Rückenmarkes u. s. f. mit den Dräthen des Magnetelektromotors zuerst ansprach.

Es war mir hierbei nie möglich, den Stillstand des Herzens durch die Anregung des großen, des kleinen Gehirns oder der Vierhügel zu erzeugen (Vgl. S. 464.). Das verlängerte Mark dagegen lieferte immer positivere Ergebnisse im Anfange. Der Halstheil des Rückenmarkes führte zu verschiedenen Resultaten. Es zeigte sich in einer Maus, die nur 2½ Minuten in dem Aetherdunste verweilt hatte, daß das Herz zu wiederholten Malen still stand, wenn man die Leitungsdräthe zu beiden Seiten des Rückenmarkes in der Gegend des ersten bis dritten Halswirbels anlegte. Wiederholte man den Versuch zwischen dem dritten Hals- und dem ersten Brustwirbel, so beschleunigte sich der Herzschlag. Hatte ich diese Wechselbeobachtungen mehrere Male mit dem gleichen Erfolge wiederholt, so schnitt ich das centrale Nervensystem in der Gegend des ersten Halswirbels der Quere nach durch. Reizte ich dann unmittelbar darauf das Rückenmark in dem Bezirke des zweiten bis dritten Wirbels, so beschleunigte sich die Pulsation des Herzens. Der frühere Stillstand kam daher wahrscheinlich auf dem Wege der Mittheilung durch das Rückenmark an das verlängerte Mark zu Stande. Ich hatte hier die Versuche gleich im Anfange angestellt und die Hirngebilde ganz bei Seite gelassen. Ein zweiter Fall, in dem ich die Wirbelsäule gar nicht öffnete, sondern zwei Leitungsnadeln in der Gegend des ersten bis zweiten Wirbels einstach, lieferte das Ergebniß, daß das Herz mühsamer fortklopfte. Drei andere Fälle lehrten so viel, daß die zwei unteren Drittheile des Halsmarkes an und für sich wahrscheinlich keinen Stillstand bewirken, daß sie aber zur Beschleunigung der Schläge nach den ersten Augenblicken der Empfänglichkeit führen können.

Das kleine Gehirn einer Haselmaus blieb ebenfalls wirkungslos. Das verlängerte Mark erzeugte Stillstand, der aber nicht die ganze Reizungszeit fortdauerte. Prüfte ich

hierauf die Mitte der Länge des Halstheiles des Rückenmarkes, so zeigte sich zwei Mal hintereinander, daß das Herz im ersten Augenblicke ruhte und dann fortklopfte. Ging ich unmittelbar darauf zu dem verlängerten Marke zurück, so wurde der Herzschlag nicht mehr gestört. Die Halstheile des herumschweifenden Nerven hatten ebenfalls den Einfluß eingebüßt.

Eine Taube lieferte einen etwas mühsameren Herzschlag, wenn die Dräthe in das kleine Gehirn eingesetzt wurden. Hafteten sie in der Gegend des ersten Halswirbels oder weiter nach vorn im verlängerten Mark, so stand das Herz zu wiederholten Malen still. Was die Reptilien und die Fische betrifft, so ist in dieser Hinsicht das Nöthige schon S. 472 angegeben worden.

Wir haben schon früher gesehen, daß die Reizung eines der beiden Halsstämme des herumschweifenden Nerven den Stillstand bedingen kann. Die Wirkung dieser Nerven, sie mögen am Halse oder von dem verlängerten Marke aus angesprochen werden, hängt von den Stimmungsthätigkeiten der Nervengebilde wesentlich ab. Die günstigsten Bedingungen liefern Stillstand, der eine mäßig lange Reizungszeit überdauert. Arbeitet man unter etwas unpassenderen Verhältnissen, so fallen die Herzschläge, so wie die Reizung aufhört, ein, oder sie treten selbst noch während derselben hervor. Sind die Nebenzustände noch ungünstiger, so führt die Ansprache der Vagi zu gar keinen deutlichen Veränderungen oder es zeigt sich Beschleunigung statt des Stillstandes. Herztheile, die bisher ruhten, können ihre Thätigkeit von Neuem beginnen. Die rechte Vorkammer einer Maus schlug z. B. nur noch sichtlich fort, während die Kammern ruhten. Galvanisirte ich dann den linken Halsstamm des herumschweifenden Nerven, so fingen auch die Kammern zu schlagen an.

Läßt man das klopfende Herz eine Zeit lang in Ruhe, so kann die Fähigkeit, daß es unter dem Einflusse der elektrischen Reizung des herumschweifenden Nerven still steht, von Neuem wiederkehren. Galvanisirte ich z. B. die beiden herumschweifenden Nerven einer Maus, so stand das Herz still und klopfte dann beschleunigt fort. Wiederholte ich den Versuch unmittelbar darauf, so ließ sich das Herz in seinen Bewegungen nicht stören. Ueberließ ich es dagegen sich selbst für einige Minuten, so hatte die galvanische Reizung des herumschweifenden Nerven den Stillstand von Neuem zur Folge.

Die größere Selbstständigkeit der Vorhöfe verräth sich ebenfalls bisweilen in diesen Untersuchungen. Es ist mir z. B. an Kaninchen, die erstickt worden und denen ich dann das große und das kleine Gehirn entfernt hatte, vorgekommen, daß die Reizung des vorderen Theiles des verlängerten Markes nur die Kammern zur Ruhe zwang, während die Vorhöfe langsamer fortklopften.

Stach ich eine Nadel in die Kammergegend eines lebenden Kaninchens, so daß diese die Herzbewegungen angab (Bd. I. §. 947.), und zwei andere, die mit dem Magnetelektromotor in Verbindung waren, in den Bezirk des oberen und des unteren Halstheiles des linken herumschweifenden Nerven, so stand das Herz entweder die ganze Zeit oder nur im Anfange des Durchganges der elektrischen Ströme still. Die Athembewegungen waren ebenfalls nicht selten unterbrochen. Wir haben übrigens schon S. 617 gesehen, daß das Herz der lebenden Neunaugen zur Ruhe gebracht wird, wenn man die Ströme durch die Herzgegend durchleitet. Die Frösche können ebenfalls beweisen, daß der künstliche Stillstand des Herzens nicht zu denjenigen Erscheinungen gehört, die erst nach dem Tode des Thieres auftreten. Schiff fand jedoch in seinen vergleichenden Versuchen, daß er bei einem gewissen Maaße der Schwächung des Geschöpfes am Leichtesten zu Stande kommt und daß derselbe Grad von Reizung, der den Herzschlag des lebenden Thieres verlangsamt, ihn nach dem Tode auf der Stelle aufhebt.

Die Stromkraft des Schlagaderblutes nimmt nicht nothwendig nach der Durchschneidung des einen herumschweifenden Nerven zu. Die Carotis eines mit Chloroform betäubten Hundes lieferte z. B. 140 bis 182 Mm., ehe der Nerv getrennt war und 140 bis 160 Mm., nachdem ich den Halsstamm des linken herumschweifenden Nerven durchschnitten hatte. Die systolische Hebung glich, wenn sie vorhanden war, 2 bis 3 Mm. Dasselbe erhellt aus den Zahlen, die Ludwig [1]) nach der Trennung der beiden Vagi erhalten hat.

Da der Halsstamm des herumschweifenden Nerven Fasern des Beinerven umschließt, so frägt es sich, ob diese oder die ursprünglichen Fasern des Vagus oder beide zugleich,

[1]) Ludwig, in Müller's Archiv. 1847. S. 276. 77.

den Einfluß, den das verlängerte Mark auf das Herz ausübt, vermitteln. Es ist mir bis jetzt keiner der Versuche, die ich zur Entscheidung dieses Punktes anstellte, befriedigend gelungen. Ich riß in einem Kaninchen beide äußeren Aeste des Beinerven mit langen Wurzelfäden aus, so daß die Stimmtöne nur bei größerer Anstrengung möglich wurden und selbst dann schwach, heiser und kurz ausfielen und tödtete dann das Thier durch Erstickung. Das Herz klopfte fort, wenn das verlängerte Mark gereizt wurde. Dasselbe erfolgte aber auch, wenn ich die Halsstämme der Vagi selbst ansprach.

Hat man eine gewisse Längsstrecke des herumschweifenden Nerven eine Zeit lang gereizt, so schlägt das Herz ruhig fort. Wiederholt man den Versuch oberhalb jenes Bezirkes, so ergiebt sich das Gleiche. Stellt man ihn unterhalb desselben an, so gelingt es nicht selten, den Stillstand von Neuem herbeizuführen. Wir haben daher hier ähnliche Erscheinungen der Abstumpfung der Empfänglichkeit, wie wir sie S. 662. für die Nerven der willkührlichen Muskeln kennen gelernt haben. Hat man den einen herumschweifenden Nerven eines Frosches durchschnitten, so schlägt meistentheils das Herz nach Schiff fort, wenn man das verlängerte Mark, nicht aber, wenn man den Darmast des herumschweifenden Nerven anspricht.

Wie das verlängerte Mark den Stillstand, der obere Theil des Rückenmarkes der Säugethiere dagegen Beschleunigung der Herzbewegung unter günstigen Verhältnissen erzeugt, so findet sich ein ähnlicher Gegensatz zwischen dem Vagus und dem Sympathicus des Kaninchens und des Hundes (S. 426.). Das Rückenmark und der Sympathicus des Frosches dagegen zeigen keinen deutlichen Einfluß auf die Herzbewegung. Es fehlt auch hier die Vermehrung der Zahl der Herzschläge, welche in den Säugethieren auftritt [1]).

Mögen noch die Vagi ihren Einfluß auf das Herz des getödteten Thieres besitzen oder nicht, so antwortet doch jenes immer mit großer Lebhaftigkeit, so wie man die Dräthe des Magnetelektromotors an die Querfurche ansetzt. Man stößt hierbei auf Verkürzungsarten, welche dem gewöhnlichen Herzschlage mangeln. Die Kammern der Mäuse und der Kaninchen zucken z. B. in oft wiederholten Stößen, wie die freien, nicht mehr sehr empfänglichen Körpermuskeln, die den Wirkungen des Magnetelektromotors ausgesetzt werden (S. 427.). Wühlende Bewegungen, die sich über größere oder kleinere Strecken der Ventrikel ausdehnen, kommen in anderen Fällen zum Vorschein. Die Vorkammern schlagen endlich zu wiederholten Malen, ehe eine einzige Kammersystole auftritt.

Ed. Weber [2]) nahm an, daß die herumschweifenden Nerven die Herzbewegung hemmen, die sympathischen dagegen sie beschleunigen. Diese Auffassung bildet den unmittelbaren Ausdruck dessen, was man in den Säugethieren sieht. Wenn das Herz nach längerer Einwirkung der Dräthe auf die Vagi zu schlagen anfängt, so müßte man sich hiernach vorstellen, daß die den Strömen ausgesetzte Stelle der Hemmungsnerven gelähmt und daher das Herz von seinem bisherigen Hindernisse befreit worden. Legt man die Dräthe an eine tiefere Stelle der herumschweifenden Nerven, so kann man oft den Stillstand von Neuem hervorrufen. Wenn die Herzschläge der Säugethiere nach der Durchschneidung eines oder der beiden herumschweifenden Nerven schneller werden, so würde dieses mit der Weber'schen Auffassung scheinbar übereinstimmen. Erinnern wir uns aber, daß der herumschweifende Nerv die sehr geschwächte Herzbewegung beschleunigen kann, so dürfte schon manches Bedenken gegen jene Anschauungsweise rege werden. Entfernt man die Brusteingeweide und die Rumpfwand eines frisch getödteten Kaninchens und läßt das Herz in dem natürlichen Zusammenhange mit den Vagis, während die Sympathici und deren Hauptäste fortgenommen worden, so kann noch das Herz rasch fortschlagen.

Die Verhältnisse des Frosches unterstützen diese Zweifel. Wir haben schon gesehen, daß hier die Sympathici keinen deutlichen Einfluß auf das Herz darbieten. Weber [3]), der schon das Gleiche bemerkte, hebt hervor, daß die Reizung des Anfangstheiles der Aorta den Herzschlag beschleunigte. Ist aber das Herz kräftig genug, so kann man von hier aus auch Stillstand erreichen. Hatte Schiff die Ruhe des Herzens durch die Anlagerung der Dräthe an die Querfurche erzielt, so wurde diese nicht aufgehoben, wenn er

[1]) Schiff, a. a. O. S. 458. [2]) Ed. Weber, a. a. O. S. 45.
[3]) Ed. Weber, a. a. O. S. 48.

die Ströme durch den Anfangstheil der Aorta leitete. Es ist übrigens mehr als zweifelhaft, daß dieser die für das Herz bestimmten sympathischen Nerven enthalte [1]).

Schiff erklärt die hier in Betracht kommenden Erscheinungen in anderer Weise. Er nimmt an, daß die Fasern des herumschweifenden Nerven während der regelmäßigen Systole des entsprechenden Herztheiles thätig sind, bald aber erschöpft werden und hierdurch die Diastole bedingen, sich indeß erholen, von Neuem in Thätigkeit gerathen und eine zweite Systole erzeugen u. s. w. Treffen starke wiederholte elektrische Schläge den herumschweifenden Nerven, so wird er für längere Zeiten erschöpft. Das Herz ruht daher fortwährend. Galvanisirt man ein Stück des herumschweifenden Nerven anhaltend, so wird es gelähmt und büßt seinen Einfluß auf den peripherischen Nachbartheil ein. Dieser erholt sich indeß. Wir haben daher im Anfange Stillstand und später Herzbewegung. Sehr schwache Ströme vermehren die Schnelligkeit der Herzschläge, weil dann die Wirkung der herumschweifenden Nerven augenblicklich erhöht und desto rascher erschöpft wird. Die Verstärkung der Thätigkeit der herumschweifenden Nerven bedingt es auch, daß man den ruhenden Herzschlag von dem verlängerten Marke erwecken kann.

Diese Auffassungsweise gewährt allerdings den Vortheil, daß sie die Anomalie eines Nerven, der nur gewisse Bewegungen hemmen sollte, beseitigt und das Ganze auf bekanntere Gesetze zurückführt. Sie erklärt aber nicht, weshalb der Stillstand des Herzens der Säugethiere nur von den herumschweifenden Nerven aus angeregt werden kann, während die sympathischen Nerven Beschleunigung bedingen. Ein elektrischer Strom erschöpft einen gewöhnlichen Nerven um so leichter, je mehr dessen Empfänglichkeit gesunken ist. Halten wir uns dagegen an frisch getödtete Thiere, so führt die Galvanisation der Vagi zuerst zum Stillstande, während später bei größerer Abnahme der Empfänglichkeit die Beschleunigung des Herzschlages hervorzutreten pflegt. Es bleibt endlich räthselhaft, weshalb sich bisweilen das klopfende Herz um galvanische Reize gar nicht kümmert.

Es ist meiner Ueberzeugung nach für jetzt nicht möglich, irgend eine genügende Erklärung der uns hier beschäftigenden Erscheinungen zu liefern. Man kann aber, wie ich glaube, nachweisen, daß die gewöhnlichen Cerebrospinalnerven gewisse Stimmungszustände darbieten, unter denen sie sich ähnlich, wie die Herzzweige der herumschweifenden Nerven verhalten.

Wir haben schon S. 653. gesehen, daß manche Froschpräparate von selbst fortzittern, daß aber diese Bewegungen während des Geschlossenseins eines centralen oder eines peripherischen Stromes vorübergehend oder anhaltend aufhören. Es wurde S. 524. angeführt, daß die Kehlmuskeln eines in Aetherdunst betäubten Frosches, die eben zu klappen begonnen hatten, nicht nur während der Dauer der Wirkung des Magnetelektromotors, sondern auch noch fast eine Minute später still standen. Wiederholte man den Versuch, nachdem sich das Thier in stärkerem Maaße erholt hatte, so verkürzte sich die Zeit der Nachruhe. Die elektrischen Ströme verlangsamten später die Thätigkeit der Kehlmuskeln gar nicht. Sie regten nur die der Bauchmuskeln an. Sie vergrößerten daher dann den Bezirk der Athemmuskeln, statt ihn, wie im Anfange, zu hemmen. Da wir die Molecularverhältnisse, von denen diese Stimmung der Nerven und wahrscheinlich auch das Perpetuum mobile des Herzens abhängt, noch nicht kennen, so bliebe jede Hypothese, die man in dieser Hinsicht aufstellte, gerechten Bedenken, wenigstens für den Augenblick unterworfen.

Mögen sich aber die Verhältnisse gestalten, wie sie wollen, so erhellt so viel, daß jedenfalls die Fortdauer des Herzschlages von dem Einflusse des verlängerten Markes oder dieses und des Rückenmarkes abhängt, daß eine Selbstständigkeit, wie die Bichat'sche Hypothese annimmt, nicht stattfindet.

Volkmann [2]), der diese letztere vertheidigte, bemühte sich, die Einflüsse, welche die Centraltheile des Nervensystems auf die Brust- und die Baucheingeweide ausüben, als Reflexbewegungen zu deuten. Die von dem Rückenmarke zu den Ganglien gehenden Fasern sollten dann auf die in Knoten selbst entspringenden Fasern die gleiche Wirkung ausüben, wie die Empfindungsfasern auf die Bewegungsnerven der Gliedermuskeln, wenn

---

[1]) Budge, a. a. O. S. 418 u. Ludwig, a. a. O. S. 139.

[2]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 612. u. in Müller's Archiv. 1845. S. 423 fgg.

diese in Reflexbewegungen verfallen. Die Erscheinungen zwingen aber nicht nur nicht zu dieser Auffassungsweise, die nur zur Rettung der Selbstständigkeit des Sympathicus angenommen worden zu sein scheint, sondern alle Gründe, die man für sie aufgestellt hat, verlieren ihre bindende Kraft bei näherer Betrachtung.

1) Wir haben S. 606. gesehen, daß es für jetzt noch zweifelhaft erscheint, ob wahre Nervenfasern in den Ganglien entspringen, ob nicht die Vermehrung der Menge der Fasern von Theilungen, wie in den freien Nervenstämmen oder von der Ausfüllung der Scheiden mit markigem Inhalte herrührt. Wir wissen dagegen mit Bestimmtheit, daß zahlreiche Cerebrospinalnerven durch die Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven und viele Fasern der Verbindungszweige durch die Ganglien des Grenzstranges des sympathischen Nerven treten. Wenn nun Bewegungen der Eingeweide von dem centralen Nervensysteme, den Wurzeln der Rückenmarksnerven oder den Verbindungsästen derselben mit dem Grenzstrange angeregt werden, so ist das Natürlichste, sie als die unmittelbare Wirkung jener durchgehenden Fasern, die man kennt, und nicht verborgenen Einflüssen, die bloß theoretisch ersonnen worden, zuzuschreiben.

2) Die directen Bewegungen eines willkührlichen Muskels folgen unmittelbar auf die Reizung des Bewegungsnerven, die Reflexverkürzungen dagegen einen Augenblick später, weil ein merklicher Zeitraum vergeht, bis die centripetale Erregung die Empfindungsfasern durchströmt, der Reflex im Rückenmarke Statt gefunden und die Bewegungsfaser ihre Wirkung ausgeübt hat. Da nun häufig eine gewisse Zeit zwischen dem Anspruche des Nerven und der Bewegung des Magens, des Dünndarmes u. s. w. vergeht, so hat man es hier mit Reflexeinflüssen und mit keinen directen Wirkungen zu thun. Diese Auffassung schließt eine Reihe von Mißverständnissen in sich. Was nämlich die Reflexbewegungen der freien Körpermuskeln betrifft, so findet man hier, daß die zwischen dem anregenden Reize und der vollführten Bewegung liegende Zeit in hohem Grade wechseln kann. Sie verkürzt sich unter günstigen Verhältnissen in so bedeutendem Maaße, daß sie nicht mehr nach Secunden bestimmt zu werden vermag. Sie verlängert sich unter anderen Bedingungen. Dieselben Schwankungen kehren auch für die Eingeweide wieder. Wir begegnen aber hier einzelnen Thatsachen, welche gerade gegen jene Reflexauffassung sprechen. Wird z. B. das verlängerte Mark mechanisch gereizt, so antworten oft der Magen, der Dünndarm, der Harnleiter eben so schnell, wie der Wadenmuskel dem Anspruche des Hüftnerven. Dasselbe kehrt häufig für den Stillstand des Herzens, den wir durch die elektrische Ansprache des verlängerten Markes einleiten, wieder. Haben wir den Darm von seinem Gekröse losgeschnitten, so verfließt oft eine verhältnißmäßig beträchtliche Zeit nach dem örtlichen mechanischen oder elektrischen Eingriffe, ehe die Verkürzung auftritt. Man müßte hier jener Theorie gemäß Ganglien in dem Innern des Darmes, die noch Niemand gesehen hat, annehmen. Die centripetalen Fasern müßten an jedem Punkte liegen, weil der Versuch an jeder beliebigen Stelle angestellt werden kann. Wir haben endlich S. 469. gefunden, daß der Harnleiter des Kaninchens elektrische Reize des Rückenmarkes augenblicklich beantwortet, wenn die Anregung des Harnleiters selbst keine Verkürzung mehr liefert. Erinnern wir uns, daß die einfachen Muskelmassen gewisse periodische Stufen der Unempfänglichkeit und der Ruhe darbieten, daß sie dann eher von den Nerven aus, als unmittelbar durch elektrische Ströme zur Thätigkeit gezwungen werden, so werden jene Thatsachen erklärlich, während sie trotz der Annahme der überall zerstreuten Ganglien immer noch räthselhaft bleiben.

3) Wir haben schon §. 2372 fgg. gesehen, daß die Hauptverschiedenheiten, die vorzüglich Volkmann hervorhob, nicht in den Nerven, sondern in den Muskelfasern liegen. Die Speiseröhre des Hundes oder der Katze verhält sich anders, als der Dünndarm oder der Magen, weil jene quergestreifte und diese einfache Fasern besitzt. Wiederholen wir die Versuche an der mit einfachen Fasern versehenen Speiseröhre der Vögel, so stoßen wir auf mehr Aehnlichkeiten mit dem Dünndarme, weil hier die Muskelgewebe die gleichen sind. Der mit seinen Ganglien versehene herumschweifende Nerv versorgt aber die Speiseröhre der Säugethiere, wie die der Vögel. Seine Fasern begeben sich zu der Magenbildung beider Thierclassen. Der Vergleich des Darmkanales der Schleihe mit dem der meisten übrigen Fische führt zu dem gleichen Ergebnisse.

Ich hatte aus meinen früheren physiologischen Versuchen geschlossen, daß die Einflüsse, welche die Rückenmarksnerven auf die von dem Sympathicus versorgten Theile ausüben, bestimmten Fortschrittsgesetzen folgen, d. h. daß die Bewegung eines Theiles

nicht von den in ungefähr gleicher Höhe befindlichen, sondern von entfernteren Stellen angeregt werden kann. Die Brust- und die Baucheingeweide hängen meist von höher gelegenen, d. h. von Wurzeln ab, die dem Gehirn näher aus dem Rückenmarke hervortreten. Da ich zugleich durch physiologische Versuche darzuthun suchte, daß die Bewegungen der Regenbogenhaut theilweise von den oberen Halsnerven abhängen [1]), daß von hier aus Nerven durch die Ganglien zum Auge emporsteigen, so ergiebt sich von selbst, daß das von mir aufgestellte Fortschrittsgesetz nicht den Sinn haben konnte, daß die beherrschten Theile immer weiter nach hinten gelegen seien.

Bidder und Volkmann [2]), welche ihm diese Deutung irrthümlicher Weise unterlegten, glaubten das Fortschrittsgesetz, das aus physiologischen, an Säugethieren gemachten Versuchen hergeleitet worden, durch anatomische Beobachtungen an Fröschen zu widerlegen. Sie beriefen sich auf eine richtige und selbst in den Säugethieren wiederkehrende Thatsache, die schon Monro [3]) im vorigen Jahrhundert gekannt und in gleicher Beziehung geltend gemacht hat. Prüft man nämlich die Nervenbündel, welche einen Knoten des Grenzstranges durchsetzen, so treten nicht alle in der Richtung nach hinten aus. Es verläuft vielmehr eine größere oder geringere Menge von ihnen nach der Kopfseite hin. Fig. 355. S. 599. kann dieses aus der Katze versinnlichen.

Da wir den weiteren Verlauf der Fasern nicht verfolgen können, da es möglich wäre, daß sie später ganz andere Bahnen einschlagen, so kann jedenfalls diese anatomische Thatsache das, was physiologische Versuche lehren, nicht entkräften. Es wäre z. B. möglich, daß der Einfluß, den der hintere Theil des Rückenmarkes der Fische auf die Herzbewegung auszuüben vermag (S. 474.), auf jenen Verhältnissen beruhte. Berücksichtigen wir aber die Verzweigungen des herumschweifenden Nerven in dieser Thierclasse und die schon früher erwähnten physiologischen Thatsachen, so hat es sogar hier mehr Wahrscheinlichkeit, daß es nicht die Fasern des Sympathicus, sondern die Gewebe des Rückenmarkes selbst sind, welche den auf das Herz ausgeübten Einfluß vermitteln. Es ist mir dagegen in Säugethieren trotz vieler Versuche nie gelungen, das Herz oder den Magen von dem untersten Theile des Grenzstranges des Sympathicus oder des Rückenmarkes aus zu beherrschen. Ich sah nur ein Mal in einer Maus, daß sich der Herzschlag sichtlich belebte, wenn ich das Sonnengeflecht mit dem Magnetelektromotor ansprach. Legte ich die Dräthe an Stellen, die von dem Herzen weniger entfernt waren, so kehrte dieser Erfolg nicht wieder. Man muß daher für jetzt annehmen, daß die Brust- und die Baucheingeweide vorzüglich von höheren und die Regenbogenhaut zum Theil von tieferen Stellen abhängen. Das Fortschrittsgesetz, d. h. ein gewisser Abstand von der centralen Eintrittsstelle und dem peripherischen Ende, kehrt aber in beiden Fällen wieder.

4623 **Gewebtheile des centralen Nervensystems.** — Wenn schon die anatomische Untersuchung der Nervenknoten viele Zweifel und Lücken übrig ließ und nur einzelne rohere physiologische Versuche einiges Wenige über diese Theile lehren konnten, so kehrt das Gleiche für das Rückenmark und das Gehirn in noch höherem Maaße wieder. Wir wissen mit Bestimmtheit, daß auch hier die weißen Massen aus markigen Fasern bestehen, die zartere Hüllen, an und zwischen denen wenig oder gar kein Zellgewebe haftet, besitzen und daß sich die peripherischen Fasern der Nervenwurzeln in centrale unmittelbar fortsetzen. Man kann in den gefärbten Substanzen des centralen Nervensystems Gewebtheile darstellen, deren körnige Grundmasse, deren Kern und Kernkörperchen mit denen der Ganglienkugeln übereinstimmen. Es fehlen ihnen aber meist die scharfen Scheiden. Sie zeichnen sich durch größere Weichheit und nicht selten durch

[1]) De functionibus nervorum. p. 109.

[2]) Bidder und Volkmann, Die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystems. S. 44. fgg. u. Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 599.

[3]) A. Monro, Bemerkungen über die Structur und die Verrichtungen des Nervensystems. Aus dem Englischen übersetzt. Leipzig 1787. 4. S. 39.

eine Reihe körniger Fortsätze aus. Ihre Größe, ihre Formen und die Beschaffenheit ihrer Grundmasse wechseln in hohem Grade. Man bemerkt in anderen Orten Körperchen, die sich nicht scharf auf jene Gebilde zurückführen lassen. Es ist aber nicht möglich, die gegenseitige Lage dieser verschiedenen Gewebe an irgend einem Punkte der dichten Masse des Gehirns und des Rückenmarkes zu entwirren. Lassen wir die zur örtlichen Orientirung nöthigen anatomischen Beschreibungen bei Seite, so liefert weder die mit dem freien Auge gemachte, noch die unter dem Mikroskope vorgenommene Zergliederung allgemeinere Anschauungen, welche sichere Aufschlüsse über die Bestimmungen der einzelnen Theile verschaffen könnten.

Da alle Nervenwurzeln in das centrale Nervensystem eintreten, so frägt es sich zunächst, ob diese allein den Stamm der Markmasse bilden oder ob eigentliche Hirn- und Rückenmarksfasern im engeren Sinne vorkommen. Diese würden in keiner Beziehung zu den peripherischen Nerven stehen. Sie müßten neben den centralen Nervenkörpern vorbeigehen oder diese wechselseitig verbinden. Sie bildeten mit einem Worte Commissuren der einzelnen Bezirke der gefärbten Massen, gleichwie die peripherischen Nervenfasern die gleiche Rolle für das Gehirn und das Rückenmark und die übrigen Körperwerkzeuge übernehmen.

Vergleicht man die Gesammtsumme der Markmassen, die in dem Gehirn und dem Rückenmarke des Menschen und der Säugethiere vorkommen, mit dem Gesammtvolumen der Nervenwurzeln, so unterliegt es keinem Zweifel, daß diese beträchtlich kleiner ausfällt. Könnte man nachweisen, daß eine jede Markfaser, in die sich eine peripherische Primitivfaser fortgesetzt hat, ihren einfachen geraden Weg verfolgt, so würde schon das eben erwähnte Mißverhältniß des Umfanges auf die Anwesenheit von eigenthümlichen Hirn- und Rückenmarksfasern zurückschließen lassen. Da wir aber nicht wissen, wie sich die Markfasern zu den Nervenkörpern verhalten, ob nicht mehrere an der anderen Seite statt einer hinzutretenden hervorgehen, ob nicht viele Fasern eine andere rücklaufende Bahn später verfolgen, so darf man wenigstens auf jener Thatsache allein nicht fußen, wenn man die Anwesenheit bloßer Hirn- und Rückenmarksfasern vertheidigen will.

Läßt man das Gehirn und das verlängerte Mark bei Seite und beschränkt sich auf den Vergleich der Wurzeln der Rückenmarksnerven mit dem Rückenmarke selbst, so stößt man auf ähnliche Schwierigkeiten. Da sich die Primitivfasern der erwähnten Nervenwurzeln in die Markfasern des Rückenmarkes fortsetzen, so folgt, daß dieses Repräsentanten aller Fasern der Wurzeln der Rückenmarksnerven enthalten muß. Da es aber außerdem graue Massen einschließt, so ergiebt sich anderseits, daß es keinen einfachen centralen Nervenstamm, der nur die einzelnen Nerven gesammelt hätte, bildet.

Als die allgemeine Anatomie weder die Theilungen der Primitivfasern der Nerven, noch deren unmittelbare Verbindung mit den Nervenkörpern kannte, war es gewissermaßen das Natürlichste, alle in das Rückenmark eingetretenen Fasern nach dem Gehirn emporsteigen zu lassen. Man hatte nirgend Nervenendigungen im Rückenmarke unter dem Mikroskope nachweisen können. Man sah nur entweder abgerissene Nervenfasern oder bemerkte, höchstens, daß die Markfasern, welche die unmittelbare Fortsetzung der peripherischen Primitivfasern darstellten, eine Strecke weit in der Richtung nach dem Gehirn zu emporstrichen

Volkmann suchte die uns beschäftigende Frage durch den Vergleich der Volumina zu lösen. Er kam hierbei zu entgegengesetzten Ergebnissen zu verschiedenen Zeiten. Hielt er [1]) sich an den Frosch, so betrug der Querdurchmesser des Rückenmarkes 0″,1100 Pariser Maaßes. Die Gesammtsumme der Rückenmarksnerven lieferte aber seiner Angabe nach nur 0″,0817. Da nun die Querschnitte von den Quadraten der Querdurchmesser abhängen, da überdieß die centralen Fasern beträchtlich dünner, als die peripherischen sind, so sollte das Rückenmark mehr Fasern als der Gesammtsumme der Wurzeln der Rückenmarksnerven entspricht, enthalten. Man sieht leicht, daß hier die graue Masse außer

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv 1838. S. 281. 82.

Acht gelassen worden ist und daß daher der Schluß selbst seiner sicheren Grundlage entbehrt. Untersuchte Volkmann [1]) später das Rückenmark des Pferdes und das von Crotalus mutus, so gelangte er zu der Ueberzeugung, daß viele, wo nicht alle Fasern der Rückenmarksnerven im Rückenmarke entspringen und nicht zu dem verlängerten Marke emporsteigen. Was das Pferd betrifft, so stützte er sich darauf, daß die weiße und die graue Masse da, wo die großen Nerven der Füße austreten, d. h. in der Schulter- und der Lendengegend beträchtlich zunehmen, während in der Zwischenregion das Umgekehrte der Fall ist. Der Querschnitt der weißen Masse ist in der Höhe des zweiten Rückenmarksnerven kleiner, als in der des achten und in der des 19ten kleiner, als in der des 30sten. Gingen die Nervenfasern nach dem verlängerten Marke, so ließe sich eine stetige Zunahme der Marksubstanz in der Richtung nach dem Kopfe hin erwarten. Die oben erwähnte Schlange besaß 221 Paare von Rückenmarksnerven. Volkmann maß die Querschnitte von 15 Wurzeln, um einen Mittelwerth für je eine zu erhalten und das 221fache Product desselben mit dem Querschnitte, den das Rückenmark in der Gegend des zweiten Wirbels darbot, zu vergleichen. Es ergab sich, daß jene Gesammtmenge die des Rückenmarkes mindestens um das 11fache übertraf — ein Unterschied, der durch die überwiegende Dicke der in den Nervenwurzeln enthaltenen Fasern nicht erklärt werden könne.

Da sich die Querschnitte der Fasern wie die Quadrate der Querdurchmesser verhalten, so kann man hier auf sehr beträchtliche Verhältnißgrößen stoßen. Volkmann [2]) selbst fand z. B. früher, daß die mittlere Breite der Fasern des Rückenmarkes des Frosches 0‴,00015 und die der Nervenwurzeln 0‴,00039 betragen. Während sich also diese Werthe wie 1 : 2,6 verhalten, ergeben die Querschnitte 1 : 6,7. Wenn der Querschnitt der weißen Masse des Rückenmarkes des Pferdes in der Gegend des 30sten Nerven 121 und in der des 19ten Nerven 89 Quadratlinien betrug, so verhalten sich die Unterschiede der Querdurchmesser, wie 1 : 0,86. Eine verhältnißmäßig untergeordnete Abnahme der Breite der Fasern bei ihrem ferneren Verlaufe in dem Rückenmark kann hier so viel decken, daß der Querschnitt der weißen Masse abnimmt, wenn selbst neue Fasern hinzutreten. Dieser eine Umstand kann gerechte Bedenken gegen solche Bestimmungen, wenn man sie in Säugethieren vornimmt, anregen. Die Lendenanschwellung des Menschen ist schmaler, als die Halsanschwellung, obgleich die Beine mehr Muskeln und größere Hautflächen als die Arme darbieten. Was die Schlangen und die Fische betrifft, so haben die Messungen allerdings einen günstigeren Boden, obgleich der gleiche Einwand wiederkehrt. Ich fand aber wenigstens in dem vorderen Theile des Rückenmarkes der Fische verhältnißmäßig breite Fasern, die in Verbindung mit der Gesammtbreite des Rückenmarkes anzudeuten schienen, daß hier alle Fasern der Nervenwurzeln zu dem verlängerten Marke nicht empor gehen konnten.

Ließen sich Theilungen oder gegenseitige Verbindungen der Nervenfasern in dem Rückenmarke mit Sicherheit nachweisen, so würden natürlich jene vergleichenden Durchmesserbestimmungen ihre sicherste Grundlage verlieren. Es ist mir aber bis jetzt nicht gelungen, unzweifelhafte Bilder der Art darzustellen. Es sind mir zwar Anschauungen, in denen eine Faser in zwei Aeste auslief, selbst in dem Rückenmarke des Frosches vorgekommen. Manche von ihnen beruhten aber unzweifelhaft auf künstlichen Verhältnissen, welche durch den Druck des Präparates bedingt waren.

Hannover, Kölliker und Beck geben an, daß manche ächte markige Fasern von den centralen Nervenkörpern einseitig entspringen. Eine centrale Ganglienkugel entsendet einen körnigen Fortsatz, der in eine Markfaser nach einer bestimmten Verlaufslänge übergeht [3]). Harless [4]) bemerkte in den elektrischen Lappen der Zitterrochen, vorzüglich wenn sie kurze Zeit in Weingeist gelegen hatten, einfache oder gespaltene Markfasern, die von den Kernen der sehr großen Nervenkörper ausgingen, eine Thatsache, die jedoch von R. Wagner entschieden in Abrede gestellt wird. Lieberkühn [5]) sah im

[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig 1845. 8. S. 482 — 84.

[2]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1838. S. 282.

[3]) Siehe z. B. Kölliker in s. und Siebold's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. I. Leipzig 1849. 8. Taf. XI. Fig. 7.

[4]) Harless, in Müller's Archiv. 1846. S. 283 — 291.

[5]) N. Lieberkühn, De structura Gangliorum penitiori. Berolini 1849. 4. S. 12.

Frosche daß sich die Nervenfaser in den Kern und der Achsencylinder derselben in das Kernkörperchen peripherischer Ganglienkugeln fortsetzte.

Kupfertafel, Fig. 23 zeigt uns ein Stückchen der elektrischen Lappen eines vor 5 Tagen eingefangenen und in Salz aufbewahrten Zitterrochen unter 164facher Durchmesser-Vergrößerung. Man sieht, wie sich zahlreiche Markfasern zwischen den großen Nervenkörpern hinziehen und hierbei nicht selten Bogen bilden. Eine Verbindung mit den Kernen gab sich nirgends zu erkennen. Kupfert. Fig. 24 stellt die isolirten Nervenkörper unter 255facher Vergrößerung dar. Sie zeigten zahlreiche einfache oder sich später theilende granulirte Fortsätze. Es ist mir jedoch trotz vielfacher Versuche nie gelungen, diese in ächte Nervenfasern übergehen zu sehen. Diese Fortsätze hafteten häufig an Stellen der Nervenkörper, die kuppelartig ausgehöhlt waren, so wie es in *a*, *b*, *e*, *h* Kupfertafel, Fig. 24 angedeutet ist. Andere Nervenkörper zeigten Einschnitte, einfache Vertiefungen, oder dünnere Blattanhänge. Ich muß es dahingestellt sein lassen, ob diese Formen von dem Einflusse des Salzes, vorzüglich der Wassereinsaugung desselben abhingen. Manche Anschauungen, wie *d* und *f* Kupfertafel, Fig. 24 konnten allerdings auf den ersten Blick zu der Annahme eines Ursprunges einer Primitivfaser aus dem Kerne der Ganglienkugel verleiten. Stellte man jedoch den Brennpunkt genau ein, so sah man, daß die offenbar abgerissene Primitivfaser über der Masse der Ganglienkugel lag. So oft ich auch die vielfachen körnigen Faserfortsätze in den Nervenkörpern der übrigen Wirbelthiere beobachtete, so ist es mir doch nie gelungen, einen unzweifelhaften Uebergang derselben in Markfasern nachzuweisen. Ueberlagerungen sind mir mehrfach vorgekommen.

Bedingungsglieder der Empfindungen. — Ein mechani- 4624
scher Eingriff scheint jede Sinneserregung begleiten zu müssen. Der Stoß der Lichtwellen veranlaßt das Sehen und der der Schallschwingungen das Hören. Die Riechstoffe strömen an der Geruchsschleimhaut vorüber und die Flimmerbewegung, die wenigstens hier in den Wirbelthieren allgemein vorhanden ist, erzeugt Wirbel, die vielleicht mit der Geruchsauffassung in Verbindung stehen. Wir haben §.§. 4134 und 4137 gesehen, daß die Reibung das Schmecken wesentlich begünstigt, wo nicht ursprünglich bedingt. Die mechanischen Tasteindrücke setzen eine Verschiebung der entsprechenden Tastflächen voraus. Die thermischen verbinden sich mit der Ausdehnung oder der Zusammenziehung, welche die Wärme oder die Kälte erzeugen. Es greifen jedoch wahrscheinlich noch andere Veränderungen in diesem Falle ein, ungefähr wie eine aus Wismuth und Kupfer zusammengelöthete Kette einen elektrischen Strom erregt, so lange die Löthstellen selbst ungleiche Wärmegrade darbieten.

Wird ein Bewegungsnerv in einem beschränkten Punkte mechanisch angesprochen, so pflanzt sich eine Molecularveränderung längs seines ganzen Verlaufes bis zu den peripherischen Enden fort, so daß die Muskelzusammenziehung nachfolgt. Die Nervenmasse besitzt also die Eigenschaft, ihren Molecularzustand von Stelle zu Stelle zu wechseln, wenn ihre Atome nur an einem Punkte verrückt werden, etwa wie ein Eisenstab, den wir an einem Magnete aufhängen. Wir können das Gleiche für die Empfindungsnerven voraussetzen.

Da wir nicht alle Körper, die an unserer Nasenschleimhaut dahin- 4625
gleiten, riechen und nicht alle Lösungen, die sich an unseren Geschmackswerkzeugen reiben, schmecken, so folgt von selbst, daß jene Sinneseindrücke noch besondere Eigenschaften voraussetzen oder wenigstens nur eine beschränkte Reihe mechanischer Bedingungen beantworten. Erinnern wir

uns, daß wir nur die queren Ausweichungen der Lichtäthermolecüle sehen und die longitudinalen der schwingenden ponderablen Körper hören (§. 3368.), daß dagegen die Tastwerkzeuge alle Arten der Verrückung zu erwiedern scheinen, so ergiebt sich das Gleiche in noch deutlicherer Weise.

4626 Jedes Sinneswerkzeug erhält auf diese Weise seinen eigenthümlichen Wirkungskreis, innerhalb dessen es seine Virtuosität geltend macht. Die Netzhaut bemerkt die Stöße des Lichtäthers, die nicht das kleinste wägbare Körperchen in Bewegung zu setzen im Stande sind. Sie schweigt dagegen zu mäßigen Erschütterungen, welche die meisten Kopfgebilde durchdringen. Das Ohr belehrt uns über die Menge der Schwingungen, wenn das Gefühl nur ein undeutliches Schwirren verräth. Geruchlose Körper können einen besonderen Geschmack darbieten und Massen, welche diesen wenig erregen, lebhafte Riechempfindungen veranlassen.

4627 Manche Sinne prüfen nicht bloß die Art und die Größe der mechanischen Eindrücke, sondern auch noch die Zeitwerthe, welche in dieser Hinsicht in Betracht kommen. Es frägt sich sogar noch, ob nicht alle ihr Urtheil von den drei Factoren der Körperwelt, dem Stoffe, dem Raume und der Zeit abhängig machen. Wir sehen den Rhythmus der Aetherwellen in den Farben und hören den der Schallschwingungen in den Tonhöhen. Die Verschiedenheit der Vocale hängt ebenfalls von der Wiederholung der Stöße ab (§. 3176.). Obgleich noch keine Theorie irgend einer Art möglich ist, so kann man sich doch vorstellen, daß die Mannigfaltigkeit der Geruchs- und der Geschmacksempfindungen mit gewissen Zeitverhältnissen der wirksamen Molecüle in Beziehung steht. Es wäre möglich, daß die Haut, wenn sie den Druck fühlt, nicht periodische und, wenn sie Wärme oder Kälte verräth, gewisse periodische Schwankungen der Molecularbewegungen auffaßt. Die objectiven Wirkungen des Kitzels und der Wollust gehen aus discontinuirlichen Reizen hervor.

4628 Jedes Sinneswerkzeug setzt eine gewisse Minimalgröße der Anregung voraus. Zu schwache Eingriffe werden nicht wahrgenommen. Sollen aber die Sinne ihre wahre Virtuosität entwickeln, so dürfen gewisse niedere Grenzen des Impulses und der Zeitdauer nicht überschritten werden. Wie die übermäßige Anstrengung und der Wechsel der Beschäftigung den Geist vor Abstumpfung am Besten bewahrt, so arbeitet auch jedes Sinneswerkzeug am Feinsten, so wie ihm milde und sich nach Kurzem ablösende Anregungen geboten werden.

4629 Heftige Eingriffe, welche die Tastnerven treffen, führen zu Schmerzensgefühlen. Diese können dann auch in Organen, die sonst kein Tastvermögen besitzen, auftreten. Wir nennen daher alle Nerven sensibel, die centripetal leiten und unter gewissen außerordentlichen Verhältnissen Schmerz erregen. Wir haben hier eine lebhaftere Molecularveränderung, welche zunächst die Quantität der Empfindung steigert. Befinden sich die Atome des Nerven in einem Zustande krankhafter Beweglichkeit, kehren sie nicht sogleich vermöge ihrer Elasticität zu ihrem früheren Gleichgewicht zurück, so liegt hierin ein Grund, weshalb schon Eingriffe mäßiger Art Schmerzen erregen können. Die drückenden, die lancinirenden und die

brennenden Schmerzen deuten darauf hin, daß man hier noch continuirliche und discontinuirliche mechanische, so wie thermische Wirkungen wahrzunehmen glaubt. Allein die Feinheit und die Sicherheit der Empfindung geht in dem heftigen Sturme der Erregung unter. Es wechselt daher oft die Wahrnehmung. Die Schmerzen bieten eine gewisse unbestimmte Empfindung, welche erst die Phantasie genauer zu würdigen sucht, dar. Es ereignet sich häufig, daß der Schmerz länger dauert, als die ihn unmittelbar anregende äußere Ursache. Es frägt sich jedoch, ob hier nicht die Nebenverhältnisse täuschen. Wenn ein durchschnittener Nerv noch nach der Trennung schmerzt, so kann das Ausfließen des Nerveninhaltes, der Austritt des Blutes in der Nachbarschaft oder die Wirkung der Luft eine spätere Molecularbewegung unterhalten. Haben wir die Nervenmasse durch heftige Kälte erstarren lassen, so wird die allmählige Schmelzung, welche die nachfolgende Wärme bedingt, eine Atomverrückung unterhalten.

Wenn die Schmerzen, welche die sensiblen Nerven erzeugen, keinen 4630
neuen Wirkungskreis bedingen, sondern nur die Quantität des Eindruckes erhöhen und die Feinheit der Unterscheidung der Einzelverhältnisse beeinträchtigen, so werden die sensuellen Nerven die verhältnißmäßig gleichen Bedingungen mit kräftigern und zum Theil unbestimmteren Phänomenen ihres Wirkungskreises beantworten. Die subjectiven Bilder, welche mechanische oder elektrische Einwirkungen anregen, zeichnen sich fast immer durch ihre Helligkeit aus. Wir unterscheiden geringere Farbenabweichungen eher in mäßigem, als in blendendem Lichte. Die schmerzhaften Empfindungen, welche bisweilen einen starken Knall begleiten, die Ohnmacht, welche betäubenden Gerüchen nachfolgt, gehören zu den Uebertragungserscheinungen, die erst innerhalb des centralen Nervensystemes zu Stande kommen.

Wir haben schon früher gesehen, daß drei verschiedene Kettenglieder 4631
in jeder objectiven Sinnesempfindung ineinandergreifen. Das peripherische Sinneswerkzeug verarbeitet den entsprechenden Eindruck auf eine zweckmäßige physikalische Weise. Trifft er dann den Sinnesnerven, so erregt er in diesem eine Molecularveränderung, die sich zu dem entsprechenden Centralwerkzeuge fortpflanzt. Dieses erleidet dann eine neue Veränderung, aus welcher die Wahrnehmung des Eindruckes hervorgeht. Wir haben also zwei Uebersetzungen, die eine kommt an der Peripherie und die zweite in dem Centralorgane zu Stande.

Könnte die gleiche Anregung, für welche das Sinneswerkzeug bestimmt 4632
ist, die Empfindung durch seinen unmittelbaren Einfluß auf die Centralwerkzeuge hervorrufen, so wären die Sinnesnerven überflüssig oder unzweckmäßig eingerichtet. Die Sinne brauchten dann nur an dem centralen Nervenwerkzeuge selbst angebracht zu sein. War dieses der übrigen Einrichtung wegen unmöglich geworden, so brauchte nur ein Körper, der die Lichtwellen sehr gut fortpflanzt, das Auge und ein anderer, der die Schallwellen trefflich leitet, das Ohr mit den Centraltheilen zu verbinden. Wir wissen aber, daß die Nervenmasse keinen dieser beiden Vortheile darbietet.

4633 Lassen wir die S. 598. erwähnten Verhältnisse der Verzweigungen des Geruchsnerven bei Seite, so enthalten die Primitivfasern aller Sinnesnerven ein ähnliches Mark, wie die übrigen Nervenfasern. Wir können hieraus auf eine gewisse allgemeine Gleichheit der Veränderung, welche die Empfindungsreize einleiten, zurückschließen. Es wäre aber dessenungeachtet nicht unmöglich, daß untergeordnete Artunterschiede vorkämen, daß sich die Molecüle auf andere Weise oder mit anderen Geschwindigkeiten im Seh-, als im Hörnerven bewegten und daß schon deshalb die Uebersetzungen in den Centralwerkzeugen verschieden ausfielen. Man kann sich hier vielleicht mit Recht auf die Einflüsse der elektrischen Ströme berufen. Wenn die Schläge des Magnetelektromotors durch die beiden Ohren oder die Nase geleitet werden, so treten Schmerzen und Feuerbilder unzweifelhaft hervor. Man nimmt dagegen weder Töne (§. 4078.), noch Geruchseindrücke (4122.) mit Sicherheit wahr. Wenn auch alle Sinnesnerven mechanische Eingriffe in ihrer eigenthümlichen Weise beantworten, so frägt es sich doch sehr, ob nicht die gleiche Ursache verschiedene Wirkungsgrößen in den einzelnen Nerven nach sich ziehe.

4634 Geht das peripherische Sinneswerkzeug verloren, so fehlt auch die Vorbreitung, von der die Feinheit der Empfindung in hohem Grade abhängt. Menschen, in denen die Haut in einem großen Bezirke zerstört worden, können hier nach E. H. Weber [1]) Wärme und Kälte nicht unterscheiden. Der Ersatz der regelrechten Haut durch Narbenmasse stört die gehörige Wirkung der mechanischen Eindrücke. Schmerzen treten eher an die Stelle der gewöhnlichen Tastempfindungen. Wenn die Nasenschleimhaut, nachdem sie von Wasser umspült worden, ihr Geruchsvermögen für einige Zeit verliert, wenn tropfbar flüssige Körper, die sie unmittelbar berühren, nicht riechen (§. 4097.), so verräth sich auch hier der wesentliche Einfluß der Vorbereitungswerkzeuge in deutlicher Weise.

4635 Die peripherischen Fasern der Sinnesnerven setzen sich unmittelbar in centrale fort. Sie verbinden sich früher oder später mit Nervenkörpern. Man nimmt am Einfachsten an, daß die Veränderung, welche der Eindruck in dem peripherischen Nerven angeregt hat, auch in den centralen Fasern weiter schreitet und daß erst die zweite Uebersetzung derselben in den entsprechenden Nervenkörpern der grauen Massen zu Stande kommt.

4636 Viele Erscheinungen der unorganischen Welt lehren deutlich, daß eine Molecularveränderung, die in einem Körper auftritt, eine andere Art von Molecularbewegung in einem benachbarten anregte. Wenn daher auch die Nervenfasern und die Nervenkörper verschiedenartigen Veränderungen in dem Augenblicke der Empfindung unterliegen, so haben wir hierin noch keine Thatsache, die sich nicht auch in der übrigen Natur wiederholte. Selbst die Reflexbewegungen und die Mitempfindungen können noch auf eine ähnliche Mechanik zurückgeführt werden. Ein Bezirk des centralen Nervensystems kann die Zustände anderer wechseln lassen Die bewußte

[1]) E. H. Weber, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. 2. Braunschweig 1849. 8. S. 498.

Auffassung der Eindrücke dagegen, der Umstand, daß die Veränderung nicht bloß vollführt, sondern auch erkannt wird, steht ohne Analogie da. Weder die Pflanzen, noch die unorganische Welt liefern hier eine irgend fruchtbringende Aehnlichkeit, sei es, daß ihnen eine gleiche Fähigkeit gänzlich abgeht oder daß die Mittel fehlen, sie nach außen zu verrathen.

Beherrschung der Bewegungswerkzeuge. — Wir können 4637
denselben Gedanken, nach dem wir uns die Mechanik der Empfindungen klar zu machen suchten, für die Beziehungen der Verkürzungsgebilde ebenfalls festhalten und ihn uns gleichsam in umgekehrter Weise durchzuführen suchen. Die allgemeine Veränderung, welche in den Bewegungsfasern Statt findet, wird in der Muskelsubstanz als Verkürzung übersetzt. Wir haben schon S. 667. gesehen, daß sogar hier manche Aehnlichkeiten mit der durch die elektrische Induction bedingten Magnetisirung des Eisens hervortreten. Zieht sich ein Muskel unter dem Einflusse des Gehirns oder des Rückenmarkes zusammen, so giebt das entsprechende Centralwerkzeug den Anstoß. Jener verwandelt sich in Nervenströmung und diese inducirt die Muskelverkürzung.

Physiologische Verschiedenheit der einzelnen Bezirke 4638
des centralen Nervensystems. — Man kann schon von vorn herein voraussetzen, daß die centralen Primitivfasern eben so gut, als die peripherischen der Leitung vorstehen. Die rein markige Beschaffenheit der Groß- und der Kleinhirnschenkel unterstützt diese Annahme. Die Gewebe der grauen Massen würden daher die Eindrücke aufnehmen und vorarbeiten, die Willensbefehle anregen und die dem Denken entsprechenden materiellen Veränderungen einleiten. Die höchsten und die wesentlichsten Eigenschaften des centralen Nervensystems rührten auf diese Weise von ihnen her. Die Primitivfasern hätten nur die Bestimmung, die Verbindung der peripherischen Fasern mit den grauen Massen möglich zu machen und die einzelnen Bezirke von diesen wechselseitig zu verknüpfen.

Die mehr oder minder vereinzelten Primitivfasern, welche in den grauen Massen selbst unter dem Mikroskope wahrgenommen werden, können natürlich zu keinem physiologischen Versuche gebraucht werden. Will man die Leitungsfähigkeit der centralen Fasern prüfen, so bleibt nichts übrig, als sich an die größeren Markanhäufungen oder an die markreicheren grauen Substanzen zu wenden. Das Dunkel, das den Verlauf der Primitivfasern umhüllt, stellt sich aber auch hier der Sicherheit des Urtheils entgegen.

Wir wissen, daß die Trennung der peripherischen Nervenfasern die Leitung unterbricht d. h. die Fortpflanzung der in den Nerven auftretenden Veränderung ist an die natürliche Nachbarschaft der einzelnen Nervenmolecüle gebunden. Da die gleiche Markmasse in den centralen Fasern vorkommt, so darf man dieselbe Eigenschaft für sie voraussetzen. Es könnte aber hier das Hinderniß der Leitung, welches die Durchschneidung an und für sich schafft, auf dem Wege der Uebertragung beseitigt werden.

Da die centralen Fasern dünnere Hüllen, als die peripherischen besitzen, so glaubten mehrere frühere Forscher, daß schon hierdurch allein die Möglichkeit der Uebertragung gegeben sei. Die peripherische Faser verhalte sich, wie ein vollkommen, die centrale dagegen, wie ein unvollkommen isolirender elektrischer Leitungsdrath. Es wäre hiernach schwer einzusehen, weshalb örtlich beschränkte, aber hinreichend anregende Reize nur gewisse begrenzte und berechnete Gegenwirkungen nach sich ziehen. Mehrere später zu erwähnende Erfahrungen zeugen überdies noch entschiedener gegen diese Auffassungsweise. Erinnern wir uns übrigens, daß die Fortbewegung der Moleculärveränderung, welche die Thätigkeit der Nervenfasern begleitet, an die natürliche unmittelbare Nachbarschaft

der Molecüle gebunden ist und daß die Verletzung dieser Grundbedingung die Leitung aufhebt, so bedarf es gar keiner besonderen Einrichtung, um die Uebertragung der centralen Fasern zu verhüten. Die Begrenzungshäute zweier benachbarter Fasern hindern schon ohne Weiteres, daß irgend eine Continuität der Markmassen Statt findet.

Wir haben S. 480. gesehen, daß ein längs des ganzen centralen Nervensystems in der Mitte hingeführter Längsschnitt die Thätigkeiten der beiden Seitenhälften des Körpers von einander sondert. Reizt man aber die rechte Hinterzehe, so kann man Bewegungen in dem rechten Vorder- und dem rechten Hinterfuße erhalten. Hat man eine passende Brücke von Zwischenmasse übrig gelassen, so kann sich der Reflex auch auf die andere Seite übertragen. Die Discontinuität in der ganzen Mittellinie hebt also die Leitung in der Querrichtung auf. Sie kann dagegen immer noch der Länge nach fortgehen. Eine örtlich beschränkte zweckmäßige Brücke dagegen rettet die Möglichkeit der queren Uebertragung. Jene kann unmöglich alle Fasern der einen Seite zur anderen wechselseitig überführen. Ihre Größe und die Zufälligkeit des Ortes, an dem sie sich befindet, sprechen entschieden dagegen. Man kann sich daher diese Thatsache nur durch die Annahme einer Mittheilung der Anregung erklären.

Hatte ich die Hinterhälfte des Rückenmarkes der Frösche an der Grenze der weißen und der grauen Masse oder etwas weiter nach innen der Länge nach an der einen Seite durchschnitten, so erhielt ich Lähmung des entsprechenden Hinterbeines. Diese fehlte dagegen, wenn ein ähnlicher Schnitt unmittelbar neben der Mittellinie hingeführt worden war [1]). Es geht daher die Bahn, durch welche der Wille des Thieres seine Befehle vollführen kann, nicht nothwendig in der centralsten grauen Masse, sondern in der äußeren grauen Masse des Rückenmarkes, da wo zahlreiche Fasern zu den Nervenkörpern hinüberstreichen, dahin. Da aber die weiße Masse allein in diesen Versuchen nicht hinreicht, so folgt, daß die den Eintrittsstellen der Nervenwurzeln nahe gelegenen centralen Fasern ihren natürlichen Zusammenhang nicht verloren haben dürfen, wenn die Willensbefehle ausgeführt oder Reflexbewegungen zu Stande kommen sollen.

Dieser Einfluß der Nähe macht sich auch für die Querschnitte geltend. Trennt man die eine Hälfte des Rückenmarkes der Quere nach unmittelbar über der Eintrittsstelle des Leistennerven, so leidet die Bewegung des entsprechenden Hinterbeines in sichtlicher Weise (S. 482.) [2]). Wird der Schnitt weiter nach vorn geführt, so nimmt dieser Uebelstand immer mehr ab, bis er in der Gegend des dritten Wirbels fast gänzlich verschwindet. Hatte ich die rechten zwei Drittheile des Rückenmarkes zweier Frösche in der Länge des dritten Wirbels gänzlich entfernt und die Thiere sich erholen lassen, so war zwar der rechte Vorderfuß gelähmt. Die Frösche konnten aber noch springen und schwimmen und vollführten diese Bewegungen nur ungeschickter als gesunde Geschöpfe.

Das Einstreichen der Primitivfasern in die graue Masse und der Einfluß der nächsten Bezirke der Eintrittsstellen der Nerven erklären es, weshalb beide Hinterbeine eines Frosches gelähmt werden, wenn man das Rückenmark bis auf die vorderen weißen Markmassen von der Gegend des dritten Wirbels bis zu dem hintersten Ende abgetragen hat. Beschränkt sich dagegen der gleiche Eingriff nur auf eine kurze nach vorn gelegene Stelle, so sind die Bewegungen der Hinterfüße nicht gänzlich aufgehoben. Volkmann [3]) hat einen das Letztere, wie es scheint unterstützenden Versuch aus einem Säugethiere mitgetheilt. Er trug das Halsmark eines im Winterschlafe befindlichen Igels 3‴ lang so weit ab, daß nur ein dünnes Markblatt der Vorderstränge die Verbindung mit dem Gehirn unterhielt und schnitt hierauf die benachbarten Halsnerven durch. Wurde nun das verlängerte Mark galvanisirt, so zeigten sich kräftige Bewegungen in der Schultergegend, schwächere am Rumpfe und noch schwächere und oft aussetzende in den Hinterbeinen.

Fassen wir Alles zusammen, so sehen wir, daß es einen gewissen nächsten Bezirk der Eintrittsstellen der Nervenwurzeln giebt, dessen mechanische Trennung jede Art von Leitung aufhebt. Hat man diese Gegend unversehrt gelassen, so kann die Längsleitung auf zwei Arten zu Stande kommen, entweder durch eine in der grauweißen und weißen Masse des Rückenmarkes dahingehende Längsbahn oder bei theilweiser Quertheilung auf einer Umbiegung, welche durch die Zwischenbrücke möglich gemacht wird. Die Mittheilung von

---

[1]) De functionibus nervorum. p. 99.
[2]) Eigenbrodt, a. a. O. S. 45.
[3]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch. Bd. II. S. 552.

einer Seite zur anderen setzt die Unverletztheit eines queren in einem bestimmten Abstande gelegenen Zwischentheiles als Nothwendigkeit voraus.

Die oben erwähnten Versuche deuten darauf hin, daß die Continuität der Markfasern des centralen Nervensystems eine unerläßliche Bedingung ihrer Leitung bildet. Die Mittheilung dagegen scheint die Anwesenheit von Nervenkörpern nöthig zu haben. Nimmt man an, daß die centralen Fasern, die unmittelbare Fortsetzungen der peripherischen bilden, mit den Ganglienkugeln in Beziehung treten und daß sie selbst oder Aequivalente von ihnen theilweise oder gänzlich in die weiter nach vorn liegenden Markmassen übergehen, so erklärt sich hieraus der früher erwähnte Einfluß der Nachbarbezirke der Eintrittsstellen der Nervenwurzeln. Man kann sich den Unterschied der centralen und der zwischen dieser und den Markmassen gelegenen grauen Substanz und den wesentlichen Einfluß dieser letzteren begreiflich machen. Man sieht eher ein, weshalb eine nicht lange Continuitätsunterbrechung, welche nur die vorderen Markmassen unversehrt läßt, die Wirkungen der entfernter eintretenden Nervenwurzeln weniger beschränkt, weshalb diese mehr leiden, wenn sich die Unterbrechungsstelle weiter ausdehnt und warum sie gänzlich gelähmt werden, so wie die grauen Massen, in denen sie anfangs verlaufen, ebenfalls verloren gehen.

Wir haben früher gesehen, daß einzelne Thätigkeiten an die Inte- 4639
grität gewisser Bezirke des centralen Nervensystems geknüpft sind. Der einheitliche Schlag, nicht aber die Pulsation der Lymphherzen des Frosches überhaupt hängt von der Verbindung mit gewissen Gegenden des Rückenmarkes ab. Die verschiedenen Gesammtbewegungen, die wir als Beugung und Streckung der Glieder bezeichnen, werden erst unter der Beihilfe des Rückenmarkes geregelt. Es liegt in der Organisation dieses Theiles, daß die Reflexbewegungen den Schein der Zweckmäßigkeit so häufig annehmen. Der oberste Abschnitt des Rückenmarkes, aus dem die Wurzeln des Beinerven austreten, übt gewisse Einflüsse auf die Stimmbildung aus. Das Spiel der Athmungsmechanik rührt von dem verlängerten Marke her. Die Zerstörung jenes Bezirkes kann auf die Ernährungsverhältnisse des Auges zurückwirken, während das verlängerte Mark die Schlingbewegungen regulirt und wahrscheinlich auch einen directen Einfluß auf die Fortdauer des Herzschlages ausübt. Die Gesichtswerkzeuge stehen in inniger Beziehung zu den Vierhügeln, die Riechnerven zum großen Gehirn und die Hörnerven und die Geschmacksnerven zum verlängerten Marke. Die Abtragung des kleinen Gehirns stört gewisse verwickeltere Stellungsverhältnisse des Körpers und die der Großhirnhalbkugeln diejenigen Thätigkeiten, die wir als höhere geistige Wirkungen ansehen.

Alle diese Centralwerkzeuge besitzen eine in ihren Einzelnheiten noch 4640
unbekannte Mechanik, durch welche die verschiedenen in ihnen auslaufenden Fäden gleichzeitig oder abwechselnd in passender Art verbunden werden. Die Zerstörung eines Centralwerkzeuges zieht den Verlust der Harmonie, die von ihm abhängt, nach sich. Gebilde, die jenseits desselben liegen, können auf dieses in verschiedenster Weise einwirken. Der Wille beherrscht die Schluck- und die Athembewegungen. Er leitet die Stellungsverhältnisse der Glieder weit vollständiger, als wenn das Rückenmark des enthaupteten Thieres die Claviatur seiner Theile in Folge unmittelbarer Reize oder mittelst der durch die Reflexbewegungen gegebenen Anregung abspielt. Die Lymphherzen stehen häufig genug sogleich still, so wie man das verlängerte Mark oder den vordersten Theil des Rückenmarkes durchschneidet. Elektrische Reize, welche das Hirn treffen, können auf das

Herz, das Zwerchfell und die übrigen Athemmuskeln des frisch getödteten Kaninchens einwirken. Da wir aber die feinere anatomische Anordnung der Centralwerkzeuge nicht kennen, so ist es auch noch nicht möglich, die Art und Weise, wie dieser auf sie ausgeübte Einfluß zu Stande kommt, näher anzugeben.

Wir wissen, daß gerade die Hirnbildung die wesentlichsten Veränderungen in der Reihe der Wirbelthiere erleidet. Wenn wir daher z. B. finden, daß die Großhirnlappen des Frosches keinen merklichen Einfluß auf die Herzbewegung besitzen, so gilt dieses mit Sicherheit nur für diese Thierart. Ein höheres Geschöpf kann hier andere Verhältnisse anatomisch, wie physiologisch darbieten.

Man nimmt häufig an, daß die entsprechenden Nervenfasern in dem Centralwerkzeuge endigen müssen. So wahrscheinlich es auch für einzelne ist, so nöthigt doch keine Thatsache dieses für alle Fälle vorauszusetzen. Nervenkörper, die neben bestimmten Primitivfasern liegen oder ihren Verlauf nur unterbrechen, können eben so gut die zweckmäßige Verbindung einleiten. Würden sich dann später die Fasern von Neuem zerstreuen, so ließe sich eher einsehen, weshalb die verschiedensten nachfolgenden Stellen des centralen Nervensystems ihren Einfluß auf Gebilde und Thätigkeiten, die von jenem Centralwerkzeuge abhängen, ausüben, weshalb aber dieser oft schwächer ausfällt, als wenn man das erste Centralwerkzeug selbst unmittelbar anspricht.

Wenn ein mechanischer oder elektrischer Reiz, der die Hemisphärenlappen eines Frosches oder eines Fisches trifft, Thätigkeiten, die wir durch die Ansprache des verlängerten Markes leicht erregen, nicht hervorruft, so dürfen wir mit Recht vermuthen, daß keine der entsprechenden Fasern bis zu jenen Gebilden hinaufreicht. Anders verhält sich dagegen die Sache, wenn sich nur unvollkommenere Einflüsse verrathen. Da die Anatomie für jetzt noch keine sichere Grundlage liefert, so bleiben hier die verschiedensten Vorstellungen möglich. Man kann sich denken, daß die Fortsetzungen der peripherischen Fasern in einem gewissen hinteren oder unteren Centralwerkzeuge endigen und daß die Wirkung der vorderen oder oberen Theile durch andere Fasern, die nach jenem Centralwerkzeuge verlaufen, oder durch unmittelbar Mittheilung in dem Bereiche der Nervenkörper zu Stande kommt. Es wäre aber auch möglich, daß die Fortsetzungen der peripherischen Fasern theilweise oder gänzlich weiter verliefen und so die Möglichkeit des Einflusses beträchtlicher ausdehnten.

Wir haben schon früher bemerkt, daß die grauen Nachbarbezirke der Eintrittsstellen der Nerven gewisse Vorzüge verrathen. Die verschiedensten centralen Combinationswerkzeuge liegen auch an solchen Orten, wie z. B. die Centra der Lymphherzen, der Schluck-, der Athmungs- und der Stimmbewegungen. Wenn aber der Einfluß entfernterer Stellen schwächer ausfällt, so läßt sich dieses auf zweierlei Wegen erklären, ohne daß man zur Annahme einer so frühen Endigung der Fasern genöthigt ist. Zerstreuen sich diese, so findet natürlich die spätere Anregung selbst einen unvollkommeneren Boden. Ist dieses aber auch nicht der Fall, so kann der mit der Entfernung wechselnde physiologische Leitungswiderstand Nachtheile bereiten.

Wenn man eine Reihe von Schlägen der Rotationsmaschine oder des Magnetelektromotors durch den vordersten Theil des Rückenmarkes des Frosches leitet, so ereignet es sich bisweilen, daß die Starrkrämpfe der Vorderbeine länger, als die Reizung dauern, während die der Hinterbeine mit dieser aufhören. Volkmann [1]) betrachtete dieses als einen Beweis, daß die Fasern der Nerven der Hinterfüße früher aufhören. Wären sie noch in dem vordersten Theile des Rückenmarkes enthalten, so ließe sich der eben erwähnte Unterschied nicht erklären. Diese Thatsache ist aber einer doppelten Deutung fähig. Die Erscheinung selbst hängt von der Quantität des Reizes oder der Empfänglichkeit des Präparates ab. Stellt sich eine dieser Bedingungen günstiger, so verhalten sich die vier Beine so ziemlich gleich. Man kann nur annehmen, daß die Uebertragung auf die früher endigenden Nerven der Hinterbeine eine größere Kraft erfordert. Man kann sich aber auch denken, daß der physiologische Leitungswiderstand wesentlich eingreift. Die längere Nachdauer der Krämpfe hängt von dem Einflusse der grauen Massen und wahrscheinlich

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1845. S. 422. 23.

der der Nachbarschaft der Eintrittsstellen der Nerven ab. Enthielte nun auch der vorderste Theil des Rückenmarkes nicht bloß Fasern der Nerven der Vorderfüße, sondern auch der der Hinterbeine, so befänden sich jene des kürzeren Weges wegen im Vortheil, gleichwie das centralere Stück des Hüftnerven eher versagt, als das peripherischere.

Wir haben §. 4456 gesehen, daß ein Hautreiz, der z. B. die Bauchdecken trifft, nur Einathmungs- und keine anderen Reflexbewegungen nach sich zieht. Es erhellt hieraus, daß die Fortleitung der Empfindungseindrücke unter manchen Verhältnissen leichter ist, als die unmittelbare Uebertragung auf benachbarte Bewegungsnerven. Der physiologische Leitungswiderstand hängt wahrscheinlich nicht bloß von der Länge der Fasern, sondern auch von den dazwischen wirkenden grauen Massen ab.

Obgleich die mannigfachsten Mittheilungserscheinungen und Wechsel- 4641
wirkungen im Bereiche des centralen Nervensystems vorkommen, so ergiebt sich doch bei näherer Betrachtung von selbst, daß die geforderte Thätigkeit einzelner Bezirke, ja vielleicht einzelner Nervenkörper die Grundbedingung der Ordnung bildet. Die Gewebeelemente liegen hier dicht an einander. Sind auch abweichende Centralwerkzeuge an verschiedene Orte vertheilt, so ist doch keine anatomisch fremdartige Zwischenmasse, welche die mannigfachen Gebiete scheidet, vorhanden. Soll der Einfluß geregelt bleiben und nicht in ein wirres ungeordnetes Treiben umschlagen, so müssen selbst die Mittheilungen, die Statt finden, in berechnetem Maaße ausgedehnt oder beschränkt werden. Man kann daher mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß jeder kleinste Bezirk des centralen Nervensystems für sich wirkt, daß sich seine Thätigkeit entweder nur durch die ihm entsprechenden Fasern verbreitet oder nur verbündete Nervenkörper anregt und daß es von der Größe oder der Art der Molecularveränderung abhängt, ob, wie weit und auf welche Stücke sich die Mittheilung ausdehnt.

Auffassung der Empfindungen. — Obgleich eine gewisse Ver- 4642
änderung der Centralwerkzeuge und der mit ihnen zusammenhängenden Nerven die objective Empfindung bedingt, so werden wir uns doch nie dessen, was in den nervösen Geweben selbst vorgeht, unmittelbar oder klar bewußt. Wir übersetzen vielmehr das Ganze in einen eigenthümlichen Eindruck, den wir an die Oberfläche unseres Körpers oder noch weiter hinaus verlegen. Wir opfern gleichsam unsere eigenen Körpergebilde zu Gunsten der Außenwelt. Diese Eigenschaft, deren Zweckmäßigkeit wir leicht einsehen, deren Erklärung dagegen dunkel bleibt, bildet die Grundlage aller ferneren Sinneserfahrungen. Wie die Ernährungserscheinungen nach einem Plane wirken, den wir selbst nicht erkennen, wie die Instincte gewisse Absichten erreichen, deren sich das Geschöpf nicht bewußt wird, so arbeitet auch hier unser Auffassungsvermögen mit einem Räderwerke, dessen Einzelthätigkeiten ihm unbekannt bleiben. Es erkennt gleichsam nur die Zeit an der Stellung der Zeiger, ohne daß ihm der Mechanismus, der diese in bestimmten Zeitabschnitten um bestimmte Größen verrückt, klar wird.

Das Gesetz der excentrischen oder peripherischen Uebertragung, welches sich auf diese Weise geltend macht, kann auch in vielen Fällen, in denen nicht die peripherischen Werkzeuge, sondern die Centralorgane oder die Sinnesnerven selbst getroffen werden, wiederkehren.

Es tritt hier oft mit solchem Nachdrucke hervor, daß kein Gegenzeugniß der Sinne oder das Bewußtsein die offenbar unrichtige Deutung zu verwischen im Stande ist.

Das Selbstbewußtsein des Menschen beruht auf der Fähigkeit der Auffassung der äußeren Eindrücke. Der Wechsel der fremden Erreger bei der Gleichartigkeit des Empfängers bedingt die Unterscheidung des Ich von dem Nicht-Ich. Die Erfahrung d. h. die gegenseitige Vergleichung der verschiedenen Sinnesempfindungen und der hierzu nöthigen Combinationen der Muskelbewegungen vervollständigen allmählig die Erkenntniß der räumlichen und selbst der zeitlichen Beziehungen, in denen die Außenwelt zu dem thierischen Geschöpfe steht.

So sehr nun die Einzelnheiten der Erkenntniß auf dem Erfahrungswege gewonnen werden, so muß doch irgend eine Einrichtung von vorn herein gegeben sein, welche die Vergleichung der verschiedenen Sinneseindrücke möglich macht, welche das dumpfe, gleichsam leere Bewußtsein immer mehr aufklärt, immer sicherer unterscheiden lehrt. Die quantitative und zum Theil qualitative Verschiedenheit der Eindrücke, die von den einzelnen Punkten unserer Körperoberfläche ausgehen, könnten uns keine Vorstellung der Oertlichkeitsbeziehungen geben, wenn nicht die Auffassung des Raumes überhaupt in unserer Organisation selbst läge.

Man kann leicht einsehen, daß die excentrische Deutung unserer Sinnesempfindung den zweckmäßigsten Ausweg bildet, um unsere Beziehungen zur Außenwelt möglichst objectiv zu machen. Man kann sie selbst gewissermaßen als die Blüthe des Selbstbewußtseins betrachten, indem dieses jede störende Erkenntniß der Veränderungen der eigenen Körpermasse beseitigt, um nur die Gegensätze der äußeren Mannigfaltigkeit desto nachdrücklicher zu durchschauen, um aus dem Zauberkleide eines dürren Idealismus herauszutreten. Da aber die Einsicht in die Zweckmäßigkeit einer Erscheinung noch keine Erklärung derselben einschließt, so helfen alle diese Ausflüchte nichts, wenn es sich um eine wahre Ergründung der Verhältnisse handelt.

Wir müssen es als ein bis jetzt nicht weiter zu verfolgendes Axiom annehmen, daß irgend eine Einrichtung uns die Fähigkeit verleiht, die Oertlichkeitsverhältnisse der eigenen Körperoberfläche kennen zu lernen und daß hierauf alle fernere Belehrung aufgebaut wird. Es liegt hierbei die Annahme am Nächsten, daß die räumlichen Beziehungen der Centralwerkzeuge eine wesentliche Rolle für diesen Grundvorgang übernehmen. Denken wir uns, daß das, was wir die geistige Auffassung der Sinneseindrücke nennen, von einer Reihe netzartig verbundener Hauptpunkte ausgeht, so wird es auch für die Wahrnehmung selbst nicht gleichgültig sein, an welchem Orte die Erschütterung beginnt und in welchen Bahnen und mit welchen Geschwindigkeiten sie weiter schreitet.

Wenn wir die Eindrücke in die Peripherie versetzen, so verlegen wir sie nie ganz genau an die peripherischen Enden der entsprechenden Sinnesnerven. Wir beurtheilen vielmehr die Oertlichkeit auf eine mehr oder minder unbestimmte Weise und berichtigen erst oft das Ganze nach früheren Erfahrungskenntnissen. Die Verschiedenheiten, die hierbei vorkommen, deuten aber darauf hin, daß gewisse ursprüngliche organische Einrichtungen ihren Einfluß geltend machen. Wir verlegen die Druckfiguren des Auges vor das Gesichtsfeld, die Blitze dagegen, die heftige elektrische Schläge erzeugen, in Ebenen, welche den Berührungspunkten der Elektroden oder den schmerzempfindenden Stellen näher liegen. Wir hören häufig das Ohrenklingen in dem mittleren Ohre, wir fühlen das Stumpfwerden der Zähne in den unempfindlichen knöchernen Massen des Zahnes, die Zahnschmerzen dagegen in der Gegend des Zahnsäckchens. Die Berührung einer Narbe oder einer offenen Geschwürsfläche giebt ein unbestimmteres peripherisches Gefühl, als die gewöhnliche regelrechte Tastauffassung.

Wir haben früher gesehen, daß die heftigeren Veränderungen, welche zu Schmerzen führen, das Urtheil überhaupt unsicherer machen. Dieser Umstand unterdrückt auch nicht selten die Auffassung, die dem Gesetz der peripherischen Uebertragung entspricht. Wenn der Oberschenkel eines nicht ätherisirten Menschen abgesetzt wird, so kann es sich ereignen, daß er später angiebt, er habe nur das Gefühl gehabt, als würde die verletzte

Stelle des Oberschenkels mit einem glühenden Drathe umschnürt [1]). Wenn eine andere mit einer Verletzung der Haut verbundene Operation die Trennung einzelner Nervenstämme, die weiter gehen, nothwendig macht, so klagen die Kranken doch oft nur über Schmerzen in der Verletzungsgegend. Die heftigen Empfindungen, welche die ersten Eingriffe des Hautschnittes veranlassen, unterdrücken hier wahrscheinlich die Empfänglichkeit für die sogleich nachfolgenden Molecularstörungen benachbarter Nerven oder trüben wenigstens das Urtheil, das wahrscheinlich ohne jenes Nebenverhältniß anders ausfallen würde. Man kann aber häufig bemerken, daß sich das Gesetz der peripherischen Uebertragung trotz eines Sturmes der Empfindung nachdrücklich geltend machte. Oberschenkelamputirte gaben mir an, daß sie während der Operation das Gefühl hatten, als würde ihr Fuß oder ihre Wade über dem Feuer gehalten, mit einem glühenden Werkzeuge berührt oder als würden ihnen hier Stücke Fleisch mit einer heißen Zange ausgerissen. Andere klagten vorzüglich über einzelne Zehen oder die Fußsohle. Leute, denen der Arm abgenommen ward, beschwerten sich in ähnlicher Weise über ihre Finger. Wenn die schwangere Gebärmuttet oder der durchgepreßte Kindskopf die Nervengeflechte des Beckens drückt, so leiden die Frauen häufig genug an Einschlafen der Füße oder an Schmerzen, die in den Schenkeln dahinschießen. Ein Mädchen, dessen Augapfel ausgerottet und in dem dann die Gegend, in welcher der Ueberaugenhöhlennerv verläuft, gebrannt wurde, klagte sogleich über die furchtbarsten Zahnschmerzen.

Die peripherische Auffassung schmerzhafter Gefühle hat deshalb für den Arzt eine besondere Wichtigkeit, weil sie zu einflußreichen Täuschungen zu führen vermag, weil man leicht den Sitz des Uebels in dem peripherischen, scheinbar schmerzhaften Theile sucht, während er weiter entfernt, in dem Verlaufe des Nerven oder in den Centralwerkzeugen liegt. Wenn z. B. Gesichtsschmerzen davon herrühren, daß der dreigetheilte Nerv innerhalb der Schädelhöhle oder in seinen Faserfortsetzungen in dem centralen Nervensysteme krankhafter Weise gereizt worden, so kann die Trennung eines oder mehrerer seiner Zweige, die am Gesichte verlaufen, eine Gefühlslähmung zu dem früheren Leiden nur hinzufügen. Die Fälle, in denen Glieder aus solchen Mißverständnissen abgesetzt wurden, gehören zu den in dieser Hinsicht warnendsten Beispielen. Ein 22jähriges Mädchen litt nach Mayo [2]) vier Jahre lang an den Schmerzen im linken Knie, die sich von Zeit zu Zeit verstärkten, nie ganz aufhörten und zuletzt einen so hohen Grad erreichten, daß man sich zur Absetzung des Oberschenkels entschloß, obgleich die einzige äußerlich sichtbare Entartung nur in einem vielleicht durch die gebrauchten örtlichen Mittel bedingten Oedem der Kniegegend bestand. Das Gelenk selbst zeigte nichts weiter, als Blutfülle an einzelnen Orten und eine örtlich beschränkte Verdickung der Gelenkhaut. Ein Stoß, der den kurz vorher zugeheilten Stumpf traf, rief die früheren heftigen Schmerzen von Neuem hervor. Weder die Amputation des Stumpfes, noch die abermalige Verkürzung des Hüftnerven konnte das Leiden mildern. Man exarticulirte endlich den Ueberrest des Gliedes aus dem Hüftgelenke [3]). Die Schmerzen fehlten im Anfange, ob sie später wiederkehrten, ist, so viel ich weiß, nicht veröffentlicht worden. Man begründete den Exarticulationsversuch dadurch, daß eine Frau, der zuerst die Hand und dann der Vorderarm abgenommen wurde, erst nach der Auslösung des Stumpfes aus dem Schultergelenke Ruhe bekam [4]) (§. 4468.). Brodie [5]) führte zwei Fälle an, in denen die Oberschenkel hysterischer Frauen abgesetzt wurden. Die Schmerzen fanden sich später nachdrücklicher als je ein. Die Oberschenkelmuskeln des Stumpfes verfielen zugleich in heftige Krämpfe.

Hysterische Frauen liefern ein sehr reiches Feld für solche peripherische Zeichen. Sie beklagen sich nicht selten über ein bleibendes Hinderniß des Schluckens, über anhal-

---

[1]) G. Th. Rhone, De sensuum mendaciis apud eos homines, quibus membrum aliquod amputatum est. Halis 1842. 8. p. 11.

[2]) Herbert Mayo, Grundriss der speciellen Pathologie mit besonderer Rücksicht auf die pathologische Anatomie. Aus dem Englischen übersetzt und mit einigen Zusätzen und Bemerkungen herausgegeben von F. Amelung. Darmstadt 1838. 8. Seite 110.

[3]) Froriep's neue Notizen. Bd. I. Nro. 19. S 297.

[4]) Mayo, a. a. O. S. 189.

[5]) B. C. Brodie's Vorlesungen über örtliche Nervenleiden. Aus dem Englischen von Dr. Kürschner. Marburg 1838. 8. S. 60. 61.

tendes Brennen im Magen, über Unregelmäßigkeiten des Herzschlages und der Athmungsmechanik, über örtliche Leiden im Unterleibe und heftige Schmerzen im dem Hüft-, dem Kniegelenke oder in anderen Gelenken. Die Gefühle von Druck in den Augen oder von Schwäche und Ameisenlaufen in den Beinen, von denen Onanisten oder Rückenmarkskranke heimgesucht werden, das Rieseln in den Gliedern oder längs der Wirbelsäule, das einem Anfalle der Epilepsie häufig vorangeht, das Kältegefühl während des Frostanfalles eines Fiebers, die heftigen Koliken, die sich bei den nicht entzündlichen Formen chronischer Metallvergiftungen einstellen, die wechselnden Zeichen, welche die sogenannte Spinalirritation begleiten, die Wollustempfindungen vieler Nervenkranken, die furchtbaren Neuralgieen, welche einzelnen Entartungen des centralen Nervensystemes oder der empfindlichen Nervenwurzeln begleiten, fußen ebenfalls auf dem Gesetze der peripherischen Deutung. Es rührt von ihm her, wenn Menschen, die Empfindung und Bewegung in den unteren Extremitäten eines Rückenmarksleidens halber verloren haben, nichtsdestoweniger von Zeit zu Zeit die nachdrücklichsten Schmerzen in jenen Gliedern wahrzunehmen glauben. Es erklärt sich hieraus, weshalb Personen, deren dreigetheilter Nerv z. B. in der Schädelhöhle entartet ist und die deshalb unter Anderem von den heftigsten Zahnschmerzen heimgesucht werden, sich Zahn für Zahn ohne Nutzen ausreißen lassen. Personen, denen ein Augapfel ausgerottet worden, können noch hier Lichtbilder, sobald das entsprechende Centralwerkzeug gereizt wird, wahrnehmen.

Wenn wir die Mitte des Oberschenkels mit einem Riemen fest zusammenschnüren, so erzeugt sich ein krankhaftes, zu den Schmerzempfindungen gehörendes Gefühl, das wir mit dem Namen des Einschlafens bezeichnen. Es beginnt an den Zehen und dem Fuße und zwar oft nur an beschränkten Stellen dieser Theile, verbreitet sich erst später allgemeiner und schreitet nach und nach nach oben bis zur Einschnürungsstelle fort. Wird der Versuch an dem Oberarme wiederholt, so kehrt auch eine ähnliche allmälige Verbreitungsweise der Eindrücke wieder. Menschen, die an Krücken zu gehen anfangen, klagen häufig über Ameisenlaufen in den Fingern. Die Endglieder, die am feinsten tasten, haben hier immer den Vorrang.

Taucht man den Ellenbogen in eine Mischung von Schnee und Wasser, so empfindet man zuerst die Kälte an diesem für die Temperaturverhältnisse sehr empfänglichen Theile (§. 4199.). Ist nachher die Wärmeabnahme bis zu dem benachbarten Ellenbogennerven vorgedrungen, so beginnt wahrscheinlich das Nervenmark seiner Fasern zu gerinnen. Man empfindet einen Schmerz, der sich über den Vorderarm und die Hand ausdehnt und hat zugleich das Gefühl, als wenn die entsprechenden Finger eingeschlafen wären [1]).

Menschen, die an Nervenschmerzen leiden, geben häufig an, daß die unangenehme Empfindung entweder gar nicht oder nicht ausschließlich in den entsprechenden peripherischen Werkzeugen auftritt. Die quälenden Eindrücke schießen vielmehr in Bahnen dahin, die man häufig auf den Verlauf der Nervenstämme selbst bezogen hat, so z. B. auf den des Unteraugenhöhlenastes bei dem Gesichts-, des Kinnzweiges bei dem Lippen- und des Hüft- oder des Schenkelnerven bei dem Hüftschmerze. Obgleich es nun keineswegs gewiß ist, daß diese Empfindungen dem Verlaufe der Nervenstämme wahrhaft folgen, obgleich man häufig jener Voraussetzung gemäß annehmen muß, daß sie nur längs eines untergeordneten, seinem Gange nach variablen Zweiges dahinstreichen, so läßt sich wenigstens mit Sicherheit behaupten, daß dann die Empfindungen in den peripherischen Werkzeugen zurücktreten oder daß sich andere Gefühle neben ihnen geltend machen. Wir haben früher gesehen, daß die Tastwerkzeuge die Bestimmung haben, die mechanischen und die thermischen äußeren Eindrücke zu mäßigen und so die feinere Tastempfindung statt des Schmerzes zu bedingen. Es werden daher auch die subjectiven Gefühle so lange, als sie von geringeren Molecularerschütterungen ausgehen, auf die Tastwerkzeuge selbst bezogen werden. Beruht hingegen der Schmerz auf einer stürmischeren Atomenverrückung, so kann sich auch eine andere Art von Auffassung hervordrängen. Wir können uns so wenigstens erklären, weshalb dann die Empfindung gar nicht oder nicht ausschließlich auf die Peripherie bezogen wird, weshalb Schmerzen, die ein Kranker an der Haut selbst zu haben glaubt, immer etwas Unbestimmteres in ihrer Begrenzung und in ihrem Orte darbieten.

---

[1]) E. H. Weber, a. a. O. S. 497.

Eine andere Abweichung, die unter manchen krankhaften Verhältnissen auftritt, besteht darin, daß bisweilen die Schmerzen nicht bloß unterhalb, sondern auch oberhalb der Stelle, an der der Nerv örtlich leidet, versetzt werden. Es können dann die unangenehmen Empfindungen bis zu dem centralen Nervensysteme fortzugehen oder sich anderen ihm näher gelegenen Theilen mitzutheilen scheinen. Wir dürfen uns vorstellen, daß hier Irradiationen Statt finden, daß die Erscheinung auf den Verhältnissen der Mitempfindung beruht und durch die Nachbarschaft der Fasern bedingt wird. Unregelmäßigkeiten der Ernährungsbedingungen können hier in der Peripherie und jene oder wechselseitige Stimmungsbedingungen in den Centralwerkzeugen einwirken.

Die sogenannten Integritätsgefühle der Amputirten bilden einen deutlichen Beleg für die verschiedenen eben dargestellten Deutungsweisen.

Hat ein Mensch ein größeres Glied verloren, so glaubt er noch die Theile, die er nicht mehr besitzt, vorzüglich die Finger oder die Zehen zu fühlen. Verstümmelte der Art, die schon vor mehreren Jahren operirt worden, geben in dieser Hinsicht verschiedene Antworten. Solche, die ihre Empfindungen feiner auffassen, behaupten, daß sie die entfernten Theile fortwährend zu haben glauben. Andere sprechen sich nur dahin aus, daß sie sie unter gewissen schmerzerregenden Verhältnissen wahrnehmen. Wenn Manche auch dieses läugnen, so findet sich doch bei genauerer Betrachtung, daß sie sich nur selbst durch Mangel an Aufmerksamkeit täuschen. Künstliche bald zu erwähnende Versuche rufen auch hier die Integritätsgefühle hervor.

Diese verrathen sich am Deutlichsten, wenn der Oberschenkel oder der Oberarm oder wenigstens die Mittelglieder der oberen oder der unteren Extremitäten abgesetzt worden. Hat man das ganze Glied exarticulirt, so mangeln sie keineswegs. Ein 32jähriges Mädchen, dem sieben Jahre vorher der linke Oberschenkel aus dem Hüftgelenke geschnitten worden, gab an, daß sie immer das fehlende Bein in derselben Stellung, wie das vorhandene fühle. Ein 9jähriges Mädchen, das die Exarticulation des rechten Oberschenkels glücklich überstanden hatte [1]), besaß die deutlichsten Integritätsempfindungen.

Die Täuschungen treten in der ersten der Absetzung nachfolgenden Zeit am Nachdrücklichsten auf. Legt man z. B. kalte Umschläge an den Oberschenkelstumpf, so glaubt der Kranke, daß die Zehen oder der Fuß von der kalten Flüssigkeit berührt werden. Er bezieht die nachfolgenden Schmerzen auf diese fehlenden Stücke. Litt ein Mann an einer schweren Geschwulst des Vorderarmes, so daß er diesen beim Heben mit der anderen Hand unterstützen mußte, so vollführte er die gleiche Bewegung nach der Amputation des Oberarmes, weil ihn sein früheres Gefühl nicht verlassen hatte. Wurde der Stumpf des am Trochanter amputirten rechten Oberschenkels einer 44jährigen Frau am siebenten Tage nach der Operation von Krämpfen befallen, so hatte die Kranke die Empfindung, als wenn eine Kraft von den Zehen aus den Schenkel emporwürfe [2]).

Ist der Stumpf verheilt, so dauern die Integritätsgefühle dessenungeachtet fort. Die Angaben der Amputirten wechseln nur insofern, als die Stärke der Auffassung des Mangelnden in den einen mit der Zeit schwächer zu werden scheint, in den anderen dagegen nachdrücklich fortdauert. Wenn dagegen die Nerven des Stumpfes leise, aber anhaltend gedrückt werden, so empfinden Alle die fehlenden Stücke bei dem scheinbaren Einschlafen des Gliedes, dieses mag vor einer noch so großen Reihe von Jahren entfernt worden sein.

Die oben erwähnte 32jährige Person, deren Oberschenkel exarticulirt worden, gab an, daß sie ihr fehlendes Bein in jeder Körperlage, wenn auch nicht vollkommen deutlich fühlte. Diese Empfindung gewann an Bestimmtheit bei Wetterveränderungen. Berührte man die Narbe, so kam es der Kranken vor, als wenn man einen Theil des Schenkels anfaßte, oder die Fußsohle kitzelte. Verzog sie die Narbe mittelst der Ueberreste der Gefäßmuskeln willkührlich, so schien es ihr, als wenn sie die große Zehe oder einen anderen Theil des mangelnden Gliedes bewegte.

Personen, die in der Continuität der Extremitäten amputirt worden, haben nicht selten so lebhafte Integritätsgefühle schon unter den gewöhnlichen Verhältnissen, daß hier-

---

[1]) E. Verdat, Essai sur la desarticulation de la cuisse suivi d'une nouvelle observation, couronnée de succès. Berne 1846. 4. p. 15 fgg.

[2]) Schwarz, in Graefe u. Walter's Journal für Chirurgie. Bd. XV. Berlin 1831. 8. Seite 157. 58.

durch die eigenthümlichsten Täuschungen bedingt werden. Ein Mädchen, das 10 Jahre vorher am Oberarme amputirt worden, wollte noch mit der fehlenden Hand Sachen anfassen. Berührte man das Ende des Vorderarmstumpfes eines erblindeten Mannes, so glaubte er, daß man seine Finger ergreife [1]). Bewegte er dann die Ueberreste der Beuger, so kam es ihm vor, als wenn er des Anderen Hand mit den Fingern umfaßte. Viele Oberschenkelamputirte fühlen ihren mangelnden Fuß unter allen Verhältnissen und haben nur bei dem Stehen die Empfindung, als könne er den Boden nicht berühren. Friert die vorhandene Extremität, so beziehen sie dieses auch auf das fehlende Glied. Legen sie sich ins Bett, so decken sie sich da, wo dieses hinkommen sollte, sorgfältig zu. Es ereignete sich sogar, daß Leute der Art ihren Stelzfuß auf das Heftigste kratzten, weil sie das Jucken auf eine Stelle des fehlenden Stückes der Extremität bezogen hatten.

Sind einmal diese Gefühle von vornherein vorhanden, so kann sie kein Gegenzeugniß der Sinne oder des Bewußtseins unterdrücken. Ein 20jähriges Individuum, dem 12 Jahre vorher der rechte Oberschenkel in der Mitte seines Verlaufes abgesetzt worden, hatte die Gewohnheit, nur auf der rechten Seite liegend zu schlafen. Das linke Bein ruhte daher auf dem Stumpfe. Der Tastsinn mußte hier über die Grenze des Vorhandenen unmittelbar Aufschluß geben. Es kam dessenungeachtet dem Menschen vor, als sei das rechte Bein im Knie gebogen und gehe unter dem linken durch. Ein anderer Mensch, der einen Stelzfuß gebrauchte, erzählte, daß er die Grenze des Fehlenden wohl wahrnehme, dessenungeachtet aber die Zehen spüre. Oberarmamputirte legen oft im Bette den Ueberrest ihres Gliedes so, als wenn sie noch den ganzen Arm unter den Kopf oder einen anderen Körpertheil schieben könnten. Solche Personen können ihren Stumpf sehen oder befühlen, das Ende desselben an die Seitenwand eines Sopha anlegen oder von ihrer Verstümmelung sprechen, ohne daß indeß das Integritätsgefühl aufhört. Selbst ungebildetere Kranke der Art wundern sich oft genug über diesen nicht zu beseitigenden Widerstreit zwischen Gefühl und Bewußtsein.

Gewisse unzweckmäßige Handlungen kommen nicht selten auf diesem Wege zu Stande. Wir haben früher gesehen, daß Personen, die am Arme amputirt sind, mit der fehlenden Hand greifen wollen. Ein Mann, der den Oberschenkel verloren hatte und lebhaft träumte, sprang bisweilen aus dem Bette, um ohne Weiteres fortzugehen. Das Umfallen belehrte ihn erst über seinen Mangel. Eine Frau, die beide Füße durch Erfrieren vor länger als 20 Jahren verloren hatte und Stelzen gebrauchte, schnallte diese los, wenn sie Handarbeiten verrichtete. Es ereignete sich hierbei nicht selten, daß sie, durch ihre Integritätsgefühle verleitet, ohne Weiteres aufstand und erst durch ihren Fall von dem wahren Sachverhalte belehrt wurde. Wenn Menschen, die kurz vorher den Oberschenkel verloren haben, an zwei Krücken gehen, so bewegen sie nicht selten den Stumpf vorwärts, als besäßen sie hier noch ein vollständiges voranschreitendes Bein.

Läugnen die Amputirten diese Gefühle für die gewöhnlichen Verhältnisse, so stellen sich die Integritätsempfindungen in ihnen, wie in den übrigen ein, wenn man die Nerven des Stumpfes drückt oder diesen selbst mit einem Bande umschnürt. Es schlafen dann die fehlenden Finger oder Zehen zuerst ein. Das Gefühl schreitet nach der Hand oder der Ferse, endlich nach dem Vorderarm oder Unterschenkel fort, bis es endlich den Stumpf selbst erreicht. Drückte ich bei einem Oberschenkelamputirten auf die Gegend, in welcher der Hüftnerv verläuft, so zeigte sich das Ameisenlaufen zuerst in der großen Zehe, dann in den übrigen Zehen und der Nachbarschaft der Rückenfläche des Fußes, hierauf in der Fußsohle, vorzüglich der Innenseite derselben, später mit besonderer Lebhaftigkeit in der Ferse, dann in der Wade und leiser an den beiden unteren Drittheilen der Oberfläche des Schienbeines, lebhafter dagegen an dem oberen Dritttheile, dann dicht unter dem Knie, seltener an diesem und zuletzt nur leise in dem mangelnden Oberschenkelstücke. Ein nur auf den Schenkelnerven ausgeübter Druck rief im Ganzen die Gefühle langsamer hervor. Sie traten zuerst in der großen Zehe und bald darauf in den übrigen Zehen nebst der Nachbarschaft des Fußrückens auf. Sie zeigten sich nur schwach an der Innenseite der Sohle, stärker in der Ferse, mäßig an der Innenseite des Unterschenkels, heftiger, aber später in der Wade, dann in der ganzen Schienbeingegend und dicht unter dem Knie und endlich erst nach längerer Zeit am fehlenden Oberschenkeltheile und dem Stumpfende. Der Hüftnerv rief in anderen Fällen Ameisenlaufen in der

[1]) Rhone, a. a. O. p. 21. 22.

Hohlfuß- und der Schenkelnerv in der Rückenfläche der großen Zehe hervor [1]). Schläft der Stumpf bei dem Sitzen ein, so wiederholen sich die täuschenden Gefühle, wie im Gesunden.

Mag auch die Absetzung des Gliedes vor vielen Jahren vorgenommen worden sein, so verrathen sich doch immer noch die Integritätsempfindungen unter den geeigneten Verhältnissen. Ein Mensch, dem 23 Jahre vorher der Oberschenkel amputirt worden, empfand sein fehlendes Glied noch eben so lebhaft, als kurze Zeit nach der Operation.

Manche Forscher, welche diese Empfindungen auf Erinnerungsvorstellungen zurückzuführen suchten, glaubten die Empfindungen der Amputirten den Traumvorstellungen der Blinden gleichstellen zu müssen. Menschen, die ihr Augenlicht in späteren Jahren verloren haben, träumen sich sehend. Sind dagegen ihre Augen ungefähr im 6ten Lebensjahre zu Grunde gegangen, so durchdringt nach Heermann das Bewußtsein der Blindheit alle ihre Traumvorstellungen, eine Erfahrung, die sich auch in der hiesigen Blindenanstalt im Allgemeinen bekräftigte. Sie wiederholt sich jedoch nicht für die Amputirten. Ein Individuum von 20 Jahren, das seinen rechten Vorderarm im 2ten Lebensjahre verloren hatte, integrirte vollständig. Die bald zu erwähnende Auffassungsweise von Menschen, die mit verstümmelten Extremitäten geboren worden, spricht ebenfalls gegen jene Uebereinstimmung.

Die Träume der Amputirten ändern sich nicht selten mit der Zeit, die seit der Verstümmelung verflossen ist. Ein Mensch, der seinen rechten Oberschenkel einige Monate vorher verloren hatte und sich der Krücken bediente, träumte sich vollständig und frei gehend. Ein anderer dagegen, der 12 Jahre vorher und zwar in seinem 9ten Lebensjahre am Oberschenkel amputirt worden, gab ausdrücklich an, daß er sich im Anfange vollkommen gesund träumte. Es kam ihm dagegen später vor, als hätte er zwei Beine, müßte sich aber eines ihm nicht klar gewordenen Nebenverhältnisses wegen der Krücken bedienen. Blinde können ähnliche Erscheinungen darbieten. Ein Mann, der in seinem 15ten Jahre das Augenlicht verloren hatte, träumte sich zwar sehend. Wenn sich aber seine Phantasie mit Dingen, die er im Wachen vornahm, z. B. mit Korbflechten beschäftigte, so tappte er auch im Traume mit den Händen, um nachzufühlen, ob er die gehörige Ründung getroffen habe.

Gewisse Erinnerungen an frühere Zustände können sich auch im Wachen geltend machen. Leute, deren Knie eines Gelenkleidens wegen vor der Amputation gekrümmt ward, fühlen später nicht selten ihr mangelndes Glied in der gleichen gebogenen Stellung. Finden sich heftige Schmerzen bei Witterungsveränderungen ein, so glauben sie diese in dem fehlenden Beine wahrzunehmen und beklagen sich darüber, daß ihnen die Absetzung des Gliedes keine Erleichterung verschafft habe.

Der sogenannte Kalender der Amputirten besteht darin, daß sich Schmerzen bei dem Wechsel der Witterung einstellen. Manche fühlen dann die fehlende Hand oder den mangelnden Fuß, den sie sonst nicht bemerken. Andere beziehen die schmerzhaften Empfindungen noch auf den Stumpf und zwar auf dessen Endstück oder von da gegen den Stumpf hinauf. Andere endlich haben Empfindungen in dem fehlenden Gliede und in dem Stumpfe zugleich. Diese Erscheinungen wechseln übrigens bisweilen in einem und demselben Menschen.

Man kann kaum bezweifeln, daß die Narbe und die in ihrer Nähe befindlichen Anschwellungen der verkürzten Nerven (Bd. I. S. 722.) diese Empfindungen ursprünglich erregen. Obgleich die Feinheit, mit der die Integritätsgefühle unter den gewöhnlichen Verhältnissen auftreten, von dem Auffassungsvermögen wesentlich abhängt, so scheint doch auch die Beschaffenheit des Endstückes des Stumpfes ihren Einfluß in dieser Hinsicht geltend zu machen. Man kann nämlich nicht selten bemerken, daß Menschen, welche die Integritätsgefühle fortwährend zu besitzen angeben, einen Stumpf darbieten, in dem das Knochenende angeschwollen oder die Narbenfläche breit und verzogen ist. Die Art, wie die Nervenknollen angewachsen oder durch die Muskeln verzerrt sind, dürfte hierbei von wesentlicher Bedeutung sein. Kitzelt man die Narbe oder drückt man einzelne der durch die Haut erkennbaren Nervenanschwellungen leise zusammen, so erhöht sich die Integritäts-

[1]) Rhone, a. a. O. pag. 13.

empfindung. Verstärkt man den Druck, so erzeugt sich ein heftiger Schmerz im Stumpfe. Er scheint außerdem nicht selten längs des fehlenden Gliedes dahin zu schießen.

Man hat die Erscheinungen dadurch zu erklären gesucht, daß die Empfindung des einen vollständig vorhandenen Gliedes die Ergänzung des verstümmelten bedingt. Wir seien gewohnt, beide Extremitäten in gewissen gegenseitigen Beziehungen vollständig zu gebrauchen. Dieses Bewußtsein täusche auch den Verstümmelten [1]). Wir haben aber schon früher gesehen, daß die lebhaftesten Integritätsgefühle bei dem Mangel beider Füße vorhanden sein können. Eben so wenig lassen sich diese auf bloße Gewohnheitsverhältnisse zurückführen. Sie müßten dann einige Zeit nach der Operation verschwinden. Sie würden nicht dem sicheren Gegenzeugniß des Bewußtseins siegreich widerstehen.

Man könnte das Ganze auf Reflexempfindungen zurück zu führen suchen. Die durchschnittenen Muskeln arbeiten mit der ihnen noch möglichen Kraft. Es hängt von ihrer Form und ihrer Anheftung ab, ob, und wie sie die Haut des Endtheiles des Stumpfes und die Narbe verzerren. Diese regelwidrige Lage trage sich in das Bewußtsein über. Der Kranke habe daher die Empfindung, als hätten die Muskeln das fehlende Glied verrückt. Man muß zugeben, daß Vorgänge der Art eingreifen, wenn z. B. Vorderarmamputirte, so wie sie die Narbe verziehen, ihre Finger zu bewegen glauben. Es wäre möglich, daß die einseitige Verzerrung der Narbe nach hinten manche Oberschenkelamputirte zu der Empfindung, daß ihr Knie gebogen sei, verleitete. Die Integritätsgefühle selbst aber können hiervon ursprünglich nicht abhängen. Wenn ein Mensch, dessen Oberschenkel im Hüftgelenke exarticulirt worden, nur seine Zehen zu bewegen glaubt, sobald er die Ueberreste seiner Gesäßmuskeln spielen läßt, so müssen tiefere Gründe die Täuschung bedingen.

Eine andere Erklärung dürfte eher genügen. Soll man die Oertlichkeit irgend einer Tastempfindung genauer erkennen, so rührt diese vermuthlich zum Theil davon her, daß die Nervenfasern, die in einem bestimmten Bezirke der Tastwerkzeuge endigen, einem gewissen Centralwerkzeuge entsprechen. Es muß sich daher gleichsam die Geographie der äußeren Körperoberfläche in dem centralen Nervensysteme physiologisch wiederholen. Wird nun auch ein Glied fortgenommen, so erhält sich noch ein großer Theil der Primitivfasern in den Ueberresten der Nerven. Die entsprechende Einrichtung wechselt nicht nothwendiger Weise in den Centralwerkzeugen. Kommen diese in die Lage, ihre Veränderung durch Empfindungen auszudrücken, so wird das Gefühl des ganz vorhandenen Gliedes vorhanden sein. Wollte man eine Reihe von Gesunden prüfen, so würde man finden, daß die einen die Finger und die Zehen in ruhigen Zeiten gar nicht, die andern dagegen deutlich wahrnehmen. Die feiner tastenden Endtheile werden auch hier eher aufgefaßt, als die Mittel- oder Rumpfglieder. Alles dieses kehrt für die Amputirten wieder. Selbst die schmerzhaften Eindrücke, die von dem Stumpfe ausgehen, lassen sich mit den ähnlichen Empfindungen des Gesunden vergleichen, ohne daß ein wesentlicher Widerstreit bemerkt wird. Der Amputirte fühlt sich mehr oder minder vollständig, weil seine Centralwerkzeuge durch die Verstümmelung der Peripherie nicht aufgehoben worden sind. Es kann die Feinheit und der Nachdruck der Empfindung mit der Zeit geschwächt werden. Die Möglichkeit der Integration geht aber in den Gefühlen des Ameisenlaufens nie unter.

Diese Theorie erklärt auch die scheinbaren Widersprüche von Menschen, die mit verstümmelten Gliedern geboren worden. Ein 19jähriges Mädchen und ein in den Vierzigern befindlicher Mann, die beide nur eine regelrechte Hand hatten, während die andere kleine, knochenlose und weiche Warzen statt der Finger besaß, glaubten, daß sie diese einschlügen, wenn sie die verstümmelte Hand beugten. Kitzelte man jene Warzen oder schnürte man den Vorderarm ein, so wurden die Empfindungen auf die mangelnden Finger bezogen. Ein Individuum, in dem die sehr verkleinerte Hand an dem Ellenbogen saß, hatte das Bewußtsein, als sei der verkürzte Arm fast eben so lang und regelrecht, als der gesunde. Leute, die eine zu kurze obere Extremität besitzen, täuschen sich häufig über die Länge derselben. Ein 20jähriges Mädchen dagegen, das nur den kleinen Finger an jeder Hand besaß, stellte alle Integritätsgefühle in Abrede. Ein 25jähriger Mann, dem fast alle Endstücke der Extremitäten mangelten, vervollständigte die Verstümmelung nach Heermann weder im Wachen noch im Traume. Da die angeborenen Mängel der Glieder

[1]) A. Lemos, Diss. quae dolorem membri amputati remanentem explicat. Halae 1798. 8. pag. 30. 31.

mit einer entsprechenden Unvollkommenheit der Centralwerkzeuge verbunden sein können oder nicht, so lassen sich die Verschiedenheiten, die hier auftreten, die Thatsache, daß die Integritätsgefühle das Gegenzeugniß der Sinne nicht Lügen strafen, eher begreifen.

Der schon §. 4125 angeführte Erklärungsversuch des Doppeltfühlens mit gekreuzten Fingern beruht auf denselben Vorstellungen. Er giebt auch einen Fingerzeig, weshalb ein Mensch, dem eine künstliche Nase aus der Stirnhaut gebildet worden, Hauteindrücke, welche jene treffen, auf diese bezieht, so lange die Verbindungsbrücke des umgeschlagenen Theiles noch nicht durchschnitten worden. Ist dieses geschehen, so fallen die Empfindungen im Anfange unbestimmter aus, bis sie endlich zuletzt richtiger gedeutet werden.

Wenn auch die oben erwähnte Annahme für die Tastverhältnisse und das Bewußtsein der vollführten Bewegungen genügen mag, so scheint sie doch nicht ohne Weiteres für alle Sinneswerkzeuge auszureichen. Wir können uns zwar auf diese Weise begreiflich machen, weshalb wir die seitliche Richtung des Schalles nach der größeren Erregung des einen Ohres beurtheilen. Die schon §. 3769 erwähnten Verhältnisse des Auges aber lassen sich auf diese Weise nicht so leicht erklären. Wenn wir die subjectiven Bilder nach den entgegengesetzten Seiten versetzen, wenn man hieraus auf eine organische Einrichtung, die das Aufrechtsehen erklärt, zurückschließt, so findet man andererseits, daß ein Mensch, der sich auf den Kopf gestellt hat, die Gegenstände dessenungeachtet richtig sieht. Es müßte daher hier das Bewußtsein der vorgenommenen Bewegung den Ausschlag geben und jede durch andere Verhältnisse mögliche Täuschung beseitigen, während die Tastwerkzeuge, vorzüglich in den Integritätsgefühlen des Amputirten gerade das Umgekehrte darbieten.

Diese Täuschungen der Tastempfindungen beziehen sich auf die dritte Dimension des Raumes, während sich die Berichtigung des Gesichtseindruckes auf die beiden anderen Dimensionen beschränkt. Es wäre möglich, daß dieser Unterschied auch für die Graphik des Bewußtseins von Bedeutung wäre. Kitzelt man die Narbe des Oberschenkelamputirten, so würden Centralwerkzeuge angeregt, die dem Bewußtsein auf das Nachdrücklichste einprägten, daß der Eindruck so fern wie möglich herkommt. Dieses würde daher auf die fehlenden Zehen bezogen, wenn auch die Sinne dagegen zeugten. Kehrte aber die gleiche Intensität für die Flächenverhältnisse der Netzhautbilder nicht wieder, so könnte das Bewußtsein der vorgenommenen Stellungsveränderung das Urtheil leichter berichtigen.

Vergleichen wir die einzelnen Bezirke der Tastwerkzeuge unter einander, so finden wir, daß sie vorzüglich die discontinuirlichen mechanischen Einflüsse verschieden beantworten. Ein anhaltender Druck wird von Allen so ziemlich gleichartig und nur quantitativ abweichend nach Maaßgabe der Empfänglichkeit aufgefaßt. Die nach kurzen Unterbrechungen sich wiederholenden leisen mechanischen Anregungen dagegen, die wir mit dem Namen des Kitzelns bezeichnen, gehen an vielen Hautstellen ruhiger vorüber, während sie an anderen Lachen und Gegenbewegungen und an noch anderen Wollustempfindungen erzeugen. Obgleich die Zungenspitze die feinste Tastempfänglichkeit hat, so nähert sie sich doch in dieser Hinsicht den gleichgültigeren Hautstellen und steht sogar wahrscheinlich den Hautoberflächen des weichen und der hinteren Hälfte des harten Gaumens nach. Die Wollustempfindungen, welche die Reibung der Scheidenschleimhaut bedingt, lehren übrigens, daß nicht nothwendig alle Schleimhäute die discontinuirlichen Eingriffe indifferenter aufnehmen. Die Gefühle des Hungers, des Durstes und zum Theil des Ekels bilden ebenfalls eigenthümliche Reihen von Auffassungen, die nur gewissen einzelnen Gruppen von Nervenfasern zukommen. 4643

Diese Mannigfaltigkeit der Empfindungen kann weder aus der Eigenthümlichkeit der peripherischen Gebilde, noch aus der der Nerven hinrei-

chend erklärt werden. So sehr auch die ersteren die Verschiedenheiten bestimmen helfen, so sehr vielleicht die auf dem Zwischenwege befindlichen Nervenkörper einfließen mögen, so hat es doch die meiste Wahrscheinlichkeit für sich, daß die Endursache in den Centralgebilden selbst, die verschiedenartige Anregungen mit abweichenden Empfindungen beantworten, begründet ist. Wie der Sehnerv die Stöße der Farbenwellen oder der Hörnerv die der Schallschwingungen nicht zählt, sondern unmittelbar in bestimmte Eindrücke übersetzt, wie sich hierbei die mathematische Einfachheit oder Verwickelung der Werthe durch den Gleichklang der Octaven und die Harmonie oder die Dissonanz verräth, so wiederholt sich vielleicht etwas Aehnliches in den Centralwerkzeugen der Tastorgane, je nachdem sie angenehme, gleichgültige oder widrige Empfindungen hervorrufen.

4644 Wenn ein Eindruck eine Reihe neben einander liegender Nervenfasern trifft, so scheinen die Natur des Sinneswerkzeuges und der ihm entsprechenden Centralorgane den Erfolg zu bestimmen. Die Schallwellen, die bis zum Gehörlabyrinthe fortgepflanzt werden, berühren eine größere Menge von Nervenfasern gleichzeitig oder kurz nach einander. Die Gehörempfindung verstärkt sich wahrscheinlich hierdurch. Etwas Aehnliches wiederholt sich vermuthlich in den Geruchs- und den Geschmackswerkzeugen, sofern nicht Tasteindrücke, die nebenbei auftreten, die Verschiedenheit der Oertlichkeit klarer erkennen lassen. Wenn sich hingegen ein größeres Bild auf der Netzhaut abspiegelt, so verstärkt sich hierdurch die Empfindung keineswegs. Wir erfahren vielmehr, daß eine ausgedehntere Fläche von Licht berührt wird. Die Tastwerkzeuge liefern ähnliche Belehrungen. Das Gesichts- und das Tastorgan arbeiten auf diese Art als Flächensinne, welche die gegenseitigen Abstände der einzelnen Erregungen genauer schätzen können.

Man hat sich häufig vorgestellt, daß die einzelnen, neben einander liegenden Nervenfasern der Haut auf räumlich verschiedene Art in den Centralwerkzeugen endigen, örtlich gesonderte Gewebe derselben anregen und so die Unterscheidung zweier abstehender Punkte möglich machen. Man kann unmittelbar beweisen, daß die Tastwerkzeuge nie so fein fühlen, daß jede isolirte Faser das Bewußtsein eines isolirten Eindruckes giebt. Es frägt sich überdies ob nicht die gleiche Faser zwei Empfindungen liefern kann, wenn sie an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes angeregt wird.

Da zwei verschiedene Punkte, welche die Haut betastet, zu einem Eindrucke bei einer gewissen Minimalentfernung zusammenschmelzen, so hat man angenommen, daß dann der Abstand der beiden Erregungen kleiner sei, als die Distanz der verschiedenartigen Nervenfasern, welche die Empfindung vermitteln. Nun fühlt aber in dieser Hinsicht die Zungenspitze ungefähr 50 Mal so fein, als die Mitte der Rückenhaut (§. 4179.). Es müßten daher die Nerven in jener 50 Mal näher zusammengedrängt liegen. Diese Folgerung wird von der Anatomie nicht nur nicht unterstützt, sondern widerlegt. Schon der oberflächliche Anblick lehrt, daß ein solches Mißverhältniß nicht Statt findet. Bedenkt man, daß die Minimalgröße 1 Mm. für die Zungenspitze und 68 bis 54 Mm. für die Mitte der Rückenhaut beträgt (§. 4178.), so ergiebt sich, daß eine Menge neben einander liegender Nervenfasern einen einfachen Eindruck an diesen beiden Orten und folglich auch in allen übrigen Hauttheilen hervorrufen. Die Einzelunterscheidung des Tastsinnes reicht daher nicht bis zu den Primitivfasern der Nervenenden hinab. Erst größere Entfernungen werden getrennt wahrgenommen. Wir können uns daher vorstellen, daß

die nahe liegenden Fasern die Verschiedenheit nicht auffassen, weil dieselben oder sehr angrenzende Bezirke der Centralwerkzeuge in ziemlich gleicher Weise angeregt worden.

Das Auge unterscheidet die Entfernungen ungefähr 300 Mal schärfer, als die Zungenspitze (§. 421 l.). Da nun die größere Schmalheit und die innigere Nachbarschaft der Nervenfasern der Netzhaut diesen Unterschied nicht decken, so wäre es hier schon eher möglich, daß zwei Punkte deshalb gesondert wahrgenommen werden, weil sie zwei verschiedene Nervenfaserstellen anregen. Eine bestimmte Entscheidung ist aber auch hier nicht möglich.

Wir wollen hier die Frage, ob die Netzhautbilder zunächst auf die anderen Gewebe und erst durch diese auf die Nervenfasern der Netzhaut wirken, bei Seite lassen und uns sogleich an die Elemente des Sehnerven wenden. Wir können die mittlere Breite der feinsten Primitivfasern zu 0,0030 Mm. anschlagen. Ich war im Stande, zwei geschwärzte Mikrometerstriche in dem günstigsten Sonnenlichte gesondert wahrzunehmen, wenn der Gesichtswinkel 48 Secunden und die wahrscheinliche Größe des Netzhautbildes 0,0032 Mm. betrug. Denken wir uns, daß ich beide Linien ohne eine Spur von Verrückung des Augapfels gleichzeitig auffaßte, so heißt dieses nichts Anderes, als daß ich von der einen Linie einen Punkt sah, der sich in der geradlinigten Verlängerung der Sehachse und einen zweiten, der sich daneben befand. Stellen wir uns hierbei vor, daß beide Punkte gerade in der Querachse des Verlaufes der Primitivfasern jener Gegend lagen, so ist hierdurch noch nicht bewiesen, daß die beiden Eindrücke durch eine Primitivfaser zu Stande kommen, daß sie möglich sind, wenn zwei verschiedene Anregungen zwei Punkte desselben Querschnittes der gleichen Primitivfaser treffen. Denn die Minimalgröße des Abstandes der Bilder fällt etwas beträchtlicher, als der Querdurchmesser der Primitivfaser aus.

Anders verhält sich die Sache, wenn wir die Frage auf den Längenverlauf der Primitivfasern beziehen, d. h. wenn wir untersuchten, ob die gleiche Faser, sobald sie an zwei longitudinal abstehenden Orten erregt wird, zwei Eindrücke hervorruft. Volkmann [1]) schloß aus einer einfachen Thatsache, daß dieses allerdings der Fall ist. Spannt man nämlich zwei Spinnwebefäden über einen kleinen Rahmen aus und bringt sie in die größtmögliche Entfernung, in der sie gesondert erkannt werden, so erhält sich diese Anschauung, man mag den Rahmen drehen wie man wolle. Es müssen natürlich hierbei gewisse Lagen auftreten, in denen die Bilder der beiden Punkte, von denen der eine in der Verlängerung der Sehachse liegt, auf zwei longitudinal entfernte Orte einer und derselben Faser fallen. Wir erhalten dessenungeachtet keinen einfachen Eindruck in irgend einer Stellungsweise.

Man kann diese Erscheinung als keinen ganz sicheren Beweis jener Vorstellung ansehen. Es frägt sich zunächst, ob wir nicht Abstand der beiden Linien, wenn wir sie auch nur mit einem Auge betrachten, mittelst einer kleinen Winkeldrehung desselben wahrnehmen, daß wir auf diese Art zuerst die Punkte der ersten und dann die der zweiten Linie in die Verlängerung der Sehachse bringen. Nehmen wir aber auch an, daß dieses nicht der Fall ist, so liegen die Nervenfasern der Netzhaut nicht in einer einfachen Ebene, sondern in mehreren hinter einander befindlichen Schichten einer concaven Ausbreitung. Es kann daher das deutlichste Bild des Punktes der einen Linie bei jeder Lage eine andere Faser, als das der zweiten berühren.

Da wir das Verhalten der Nervenfasern in dem Bereiche des gelben Flecken nicht genau kennen, so fußen alle näheren Erläuterungen der Art auf unsicheren Grundlagen. Man kann nur so viel annehmen, daß viele Bilder die Fasern der Netzhaut mitten in ihrem Verlaufe und nicht an ihren Enden treffen und daß die Thätigkeit des größten Theiles von ihnen unbeachtet verloren zu gehen pflegt.

Volkmann deutete zugleich diese Erscheinungen als eine Widerlegung des Gesetzes der peripherischen Uebertragung. Läge jene Norm der Nervenwirkung zum Grunde, so müßten zwei Eindrücke, welche einen gewissen Längeabstand derselben Faser träfen, an das peripherische Ende der Nervenfaser ohne Unterschied verlegt werden. Eine doppelte Empfindung war auf diese Art unmöglich. Nimmt man auch jene noch nicht bewiesene Thatsache als sicher an, so läßt sich der Einwurf, wie ich glaube, dennoch beseitigen.

Er legt zuvörderst dem Gesetze der peripherischen Wirkung eine Schärfe bei, die ihm nicht zukommt und ihm auch von keinem seiner Anhänger zugeschrieben worden. Jede

[1]) Volkmann, in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. S. 568.

Nervenfaser sollte hier frei endigen und die Empfindung auf diese Endspitze übertragen werden. Wäre dieses der Fall, so müßten wir z. B. Tasteindrücke nur auf kleine mikroskopische Bezirke bei der Discontinuität der Nervenfasern beziehen können. Dieses ist nicht der Fall. Wir versetzen vielmehr die Empfindung in einen entsprechenden, mehr oder minder unbestimmten Bezirk der Gewebe, in denen die Nerven ihren Endverlauf erreichen. Es bleibt hierbei selbst für das Auge ein gewisser Spielraum der räumlichen Deutung übrig. Gesetzt nun die von beiden Fäden ausgesandten Lichtwellen träfen die gleiche Faser an verschiedenen Punkten ihrer Länge, so wird der Eindruck des einen dem des anderen nachstehen, weil die Entfernungen und die Beleuchtung abweichen, weil ein Stück Nervenmark zwischen den beiden Orten der Anregung liegt und der entferntere einen größeren physiologischen Leitungswiderstand, als der nähere zu überwinden hat. Diese Unterschiede der Stärke könnten schon zu einer Auffassung des Abstandes beitragen.

Es ist keine Frage, daß wir die vollendetere Beurtheilung der Raumverhältnisse erst nach und nach erlernen und daß sich in dieser Hinsicht vorzugsweise das Auge, das Ohr, der Tastsinn und die Bewegungswerkzeuge wechselseitig ergänzen. Das Bewußtsein der dritten Dimension wäre wahrscheinlich ohne das der nöthigen Muskelverkürzungen nicht möglich. Hieraus folgt aber noch nicht, daß nicht viele Oertlichkeitsauffassungen von der anatomischen Anordnung der Gewebe der Centraltheile abhängen. Wir erkennen die Stelle, an der eine oder mehrere Nadeln die Haut berühren, an unserer ganzen Körperoberfläche, wir mögen den entsprechenden Bezirk sehen oder nicht. Die Genauigkeit, mit der wir den Ort eines oder die Entfernung zweier Eindrücke bestimmen, hängt nicht von der Belehrung, die wir erst durch die Erfahrung gewonnen haben, sondern von der organisch gegebenen Empfindlichkeit der einzelnen Tastwerkzeuge ab. Die trügerische Beurtheilung des Abstandes, je nachdem man von einer empfindlichen Hautgegend zu einer minder empfindlichen oder umgekehrt fortgeht (§. 4190.), zeigt ebenfalls, daß die gesonderte Thätigkeit einzelner Bezirke der Centralwerkzeuge unser Urtheil über die lineare Ausdehnung der Entfernung bestimmen kann. Die spätere Betrachtung der Eindrücke, die beide Augen zugleich liefern, wird das Gleiche erhärten.

4645 **Schnelligkeit der Wirkungen des centralen Nervensystems.** — Der gewöhnliche Sprachgebrauch pflegt die Schnelligkeit der Gedankenfolge mit dem Blitze oder der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Lichtes zu vergleichen. Eine nähere Betrachtung lehrt, daß diese Parallele für viele, wo nicht alle Fälle unrichtig ist.

Wenn sich die Veränderung, welche die empfindenden oder die bewegenden Nerven im Augenblicke ihrer Thätigkeit erleiden, eben so rasch, als die Elektricität fortpflanzte, so würde natürlich ein unendlich kleiner Bruchtheil einer Secunde bei der Kürze des Weges und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität (Bd. I. S. 190.) ausreichen. Es fehlt für jetzt an allen Erfahrungen, welche diesen Punkt irgend wie thatsächlich erledigen könnten. Man vermag dagegen indirect darzuthun, daß die Uebersetzungen der Nerventhätigkeit in Bewegung oder Empfindung einen beträchtlich längeren Zeitraum fodern, daß sich auch der Organismus viel mehr Zeit zu diesen Wirkungen nehmen kann, ohne deshalb immer noch an großer Pünktlichkeit der Wirkung zu verlieren. Manche Uebertragungserscheinungen erfordern sogar so bedeutende Zeiträume, daß die Pausen schon bei unmittelbarer Beobachtung auffallen.

Wenn ältere Forscher, wie Sauvages, die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Nervenwirkung zu 32400 oder gar zu 57600000000 Fuß für die Secunde anschlugen [1]),

[1]) Haller, Elementa physiologiae. Tom. IV. Lausannae 1762. 4. p. 372. 373.

so beruhten diese Meinungen auf keinen irgend sicheren Grundlagen. Gesetzt eine Stubenfliege brauchte auch nur $^1/_{184}$ Tertien für eine Zusammenziehung ihrer Flügelmuskeln (§. 2658.) und wir schlagen den Weg der hierzu nöthigen Nervenleitung zu 5 Mm. an, so geben diese und die ihr entsprechende Uebersetzung in Muskelverkürzung nur eine Geschwindigkeit von ungefähr 40 Meter in der Secunde. Haller [1]) schloß aus ähnlicher Bestimmung, daß die Schnelligkeit im Menschen 150 Fuß betrage. Dem sei, wie ihm wolle, so kann von einem Vergleiche mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes oder gar der Elektricität nicht die Rede sein.

Was die Empfindungen betrifft, so könnte man auf den Gedanken kommen, die uns hier beschäftigende Frage auf folgende Weise zu lösen. Denken wir uns eine Scheibe, welche ein Uhrwerk eine gewisse Reihe von Malen in der Secunde herumdreht. Ein beweglicher Griffel zeichnete hierbei einen Kreis auf, sobald ihn eine Nebenvorrichtung gegen die Scheibe drückt. Der Drath, durch den diese geleitet wird, würde zuerst kalt oder warm angefaßt, so daß die Aufzeichnung beginnt und dann in die frühere Sperrlage zurückgebracht, sobald man den Eindruck empfindet. Es würde hierdurch ein Bruchstück eines Kreises aufgezeichnet, aus dem man die Zeitdauer bestimmen könnte. Abgesehen aber davon, daß man die Länge der Leitung der Nervenbahn nicht sicher angeben könnte, würden die in der Mechanik selbst bedingte Verzögerung, die Zeit, welche zur peripherischen Verarbeitung des Tasteindruckes nöthig ist und die Nachdauer der Sinnesempfindung zu große Werthe liefern. Man könnte daher höchstens die Minima der Zeit, welche ein isolirter Sinneseindruck nöthig hat, nicht aber die zur bloßen Fortleitung und Auffassung nöthige Zeitdauer bestimmen. Die Versuche, die man über die gesonderte Unterscheidung rasch folgender Sinneseindrücke angestellt hat, liefern aber auch schon manche Daten für jene erstere, minder wichtige Frage.

Legt man den Nagel an ein gedrehtes Zahnrad, so kann man noch 100 Einzelstöße in der Secunde wahrnehmen. Ein Eindruck fodert daher hier nur $^3/_5$ Tertien trotz aller verzögernden Nebenverhältnisse. Die für das Auge in dieser Hinsicht gültigen Zeitwerthe sind schon §. 3808 angeführt worden.

Wenn ein zwischen den Zähnen durgegangener Bindfaden, der dem Ausgleiten nachfolgende Schreck oder andere ähnliche Ursachen ein Schauergefühl erzeugen, so folgt oft die Hautempfindung so spät nach, daß man die Zwischenzeit ohne weiteres bemerkt. Die Mechanik der Harn- und der Kothentleerung und einzelner Reflexerscheinungen bieten ebenfalls bedeutende Zeitpausen dar. Wir haben schon S. 491 gesehen, daß diese sich für die Eingeweide mit der Abnahme der Empfänglichkeit vergrößern.

Wechselseitige Bestimmung der einzelnen Bezirke des centralen Nervensystems. — Die in diesem angebrachte Claviatur fußt auf der anatomischen Anordnung und der gegenseitigen Erregungsfähigkeit einzelner Gewebtheile. Dieses zweite Bedingungsglied wechselt aber mit der Größe und wahrscheinlich auch mit der Art der Gleichgewichtsstörung, welche als erste Ursache der Veränderung thätig ist. Es hängt hiervon ab, ob eine Irradiation überhaupt zu Stande kommt, ob sie sich auf einen gewissen gleichartigen Wirkungskreis beschränkt oder noch andere Thätigkeiten nebenbei erregt, ob diejenigen Einheitsauffassungen, die wir dem Selbstbewußtsein zuschreiben, angeregt werden oder nicht. 4646

Die Sinneswerkzeuge sowohl als die Bewegungsorgane deuten darauf hin, daß häufig einzelne beschränkte Bezirke insofern bevorzugt sind, als ihre Veränderungen leichter oder kräftiger zum Bewußtsein gelangen oder von diesem aus eher beherrscht werden. Die öftere, in einer besttmmten Absicht eingeleitete Wiederholung, die wir Uebung nennen, kann hier Vieles vervollkommnen. Man ist jedoch nicht im Stande, diese Erklärung für alle hierher gehörende Verhältnisse durchzuführen. Einzelne von ihnen beruhen wahrscheinlich auf ursprünglich gegebenen organischen Bedingungen.

---

[1]) Haller, a. a. O. p. 273.

Die ungleiche Befähigung der verschiedenen Netzhautstellen scheint in der Organisation selbst begründet zu sein. Wenn wir das Bild, das sich an dem hinteren Ende der Sehachse abspiegelt, am Klarsten auffassen, wenn die Deutlichkeit mit der Entfernung von diesem Punkte immer mehr abnimmt, bis endlich gar kein Eindruck wahrgenommen wird, so beruht dieses wahrscheinlich auf einer organischen Einrichtung, welche die Wechselverbindung mit bestimmten Hirngeweben nach Maaßgabe der Oertlichkeitsverhältnisse der Repräsentanten der Netzhaut erleichtert oder erschwert. Der Vorzug, den die Spitzen der Zunge und der Finger für die Tast- und das Ende des männlichen Gliedes für die Wollustempfindungen darbieten, hängt vielleicht nicht bloß von den peripherischen Werkzeugen und den nervösen Zwischengliedern, sondern von ähnlichen Einrichtungen ab.

Die Unterscheidung des Farblosen und der einzelnen Farben geht von der gegenseitigen Verbindung der einzelnen Erregungen aus. Eine jede kleinste farbige Erregung kann zweierlei Arten von Eindrücken nach Maaßgabe der räumlichen Verhältnisse bedingen. Wiederholt sie sich in einer verhältnißmäßig größeren Flächenausdehnung in gleichartiger Weise, so erkennen wir sie in ihrer wahren Eigenthümlichkeit. Drängen sich dagegen verschiedenartige Farbenerregungen zusammen, so erhalten wir eine Gesammtempfindung, deren Werth von den einzelnen Factoren abhängt. Der Eindruck der Farblosigkeit ist auf diese Weise eine Function aller prismatischen Farben und der der Mischfarbe eine solche der zum Grunde liegenden Färbungen.

Die Gesammterregung des farblosen Lichtes wird durch ein Prisma in die sieben Hauptfarben zerfällt, weil sich die verschiedenartigen Factoren der Gesammtsumme nach Maaßgabe der Brechbarkeit gruppiren. Wir unterscheiden nicht mehr die Differenz, durch welche jeder Minimalfactor von dem andern abweicht. Wir halten gewisse Gruppen für gleichartig und erkennen sie als mehr oder minder bestimmte Farben. Sammeln wir alle Farben durch ein zweites Prisma, so zeigt sich wiederum die Farblosigkeit. Lassen wir hingegen eine Farbe hinweg, so bekommen wir die Ergänzungsfarbe d. h. diejenige Farbe, die mit der ersteren verbunden die verhältnißmäßig constante Erregungsgröße der Farblosigkeit giebt. Mischen wir gelb und blau, so vertheilen wir am Ende nur die einzelnen Farben möglichst fein und gleichförmig. Das Auge empfängt immer noch gelbe und blaue Wellen. Da wir aber die einzelnen Bezirke nicht mehr unterscheiden, so verwandeln wir das Ganze in eine Gesammtsumme der Erregung, welche die Mischfarbe des Grün giebt.

Wir können uns hiernach vorstellen, daß eine gewisse Menge von Minimalerregungen die Nervengewebe trifft. Jede von ihnen hat einen bestimmten Charakter, der von den Merkmalen der einzelnen Farbenwellen abhängt. Reiht sich eine gewisse Summe solcher gleichartiger Minimalerregungen an einander, so sehen wir eine bestimmte Farbe d. h. wir erkennen gewisse Merkmale, die jetzt der Gleichartigkeit wegen der Natur der einzelnen Minimalwirkung entsprechen. Sind die Haufen der kleinsten übereinstimmenden Erregung zu klein und zu sehr unter einander geworfen, so haben wir eine Empfindung, die zwar wiederum die Resultate aller Einzelerregungen bildet, welche aber der Ungleichartigkeit derselben wegen keiner einzelnen Farbe oder keiner der Grundfarben der Mischung entspricht.

Die farbigen Schatten lehren, daß die subjectiven Ergänzungsfarben in derselben Zeit, wie die objectiven Farben entstehen können (§. 3859.). Die Blendungsbilder weisen darauf hin, daß die Complementärfarbe in dem gleichen Bezirke des Sehfeldes auftritt, in welchem die ursprüngliche, nun abgestumpfte Erregung Statt gefunden (§. 3850 fgg.). Wir können hiernach vermuthen, daß gewisse Wechselwirkungen bei der Auffassung der Farben Statt finden, daß aber die Wahrnehmung der Ergänzungsfarbe nicht aus einer gleichartigen Erregung, sondern daraus hervorgeht, daß der Ueberrest der nicht unterscheidbaren ungleichartigen Erregungen zu dem Gesammtergebniß der Ergänzungsfarbe verbunden wird. Die Complementärschatten würden dann dadurch entstehen, daß ein anderer bestimmter Theil der Nervengewebe sogleich und die Blendungsbilder dadurch, daß derselbe Abschnitt später in Folge der Abstumpfung eine bestimmte farbige Erregung nicht geltend macht und daß daher der Rest als Ergänzungsfarbe zum Bewußtsein kommt. Es würde sich zugleich ergeben, daß wahrscheinlich die Auffassung der Gesammtresultanten, die Grundthätigkeit und das Sehen einzelner Farben einen besonderen aus der Gleichartigkeit der Factoren hervorgehenden Fall bildet. Jene Wirkungsart

bildet eben ein Hauptmerkmal unserer geistigen Verarbeitung überhaupt. Sie erkennt nicht die einzelnen Glieder, sondern nur die Resultante, welche die gegenseitige Combination der verschiedenen Partialeinflüsse bedingt.

Wenn zwei vollkommen entsprechende Ergänzungsfarben den Eindruck der Farblosigkeit in dem Stereoskope erzeugen (S. 223.), so scheint dieses anzudeuten, daß die organische Einrichtung, welche die Identität der Netzhautbezirke bedingt, eine gegenseitige Ausgleichung auf dem Wege der Wechselwirkung möglich macht, ungefähr wie ein zweiarmiger Hebel immer im Gleichgewichte bleibt, wenn die statischen Momente (§. 2599.) gleich ausfallen.

Wenn die Geistesregungen die Muskeln des Auges und des Antlitzes, mithin vor Allem die Fasern der Augenmuskelnerven und des siebenten Hirnnerven zu eigenthümlichen Veränderungen zwingen, wenn einzelne Affecte das Herz und die Thätigkeit der Athemmuskeln vorzugsweise verändern, wenn die Aufregung des Geschlechtstriebes auf den Herzschlag bedeutend zurückwirkt, so können wir annehmen, daß hier gewisse organisch gegebene Wechselerregungen bestimmter Bezirke des centralen Nervensystems eingreifen. Viele psychologische Erscheinungen der Ideenverbindung, der Erinnerung und selbst die Schlußfolgerungen auf dem Boden der Analogie lassen sich vielleicht auf ähnliche Grundanschauungen zurückführen. Man kann sich hiernach eher anschaulich machen, wie eine scheinbar unbedeutende Regelwidrigkeit der Verkettung zu irrigen Auffassungen zu führen vermag.

Die Kreuzungen, die wir in dem Bezirke des centralen Nervensystems antreffen, können nur zum Zwecke haben, gewisse Bedingungen, die an der anderen Seite unmöglich sind, herzustellen. Die zahlreichen Zwischenzüge von Fasern, denen wir so häufig begegnen, lassen vermuthen, daß sie Gegenwirkungen einzelner grauer Massen einleiten werden, deren Gesammtresultat dann in einem einfachen geistigen Acte zu Tage tritt. Berücksichtigen wir die ungeheure Menge der Gewebeelemente, die in dem Gehirn verflochten sind, bedenken wir, daß die Verkettung jedenfalls beträchtlicher ausfällt, als die bloße einfache Zuleitung der Fasern oder der Repräsentanten derselben fodern würde, erinnern wir uns nur, wie sehr die Art und die Richtung der Zwangsbewegungen von der Oertlichkeit der Verletzung des centralen Nervensystems abhängt, so dürfen wir mit Recht vermuthen, daß hier die großartigste Mechanik der regulirtesten Wechselwirkungen gegeben ist. Was uns als einfache Empfindung oder als augenblicklicher Willensbefehl vorkommt, beruht wahrscheinlich auf einer verwickelten Reihe gegenseitiger Erregungen, die rasch auf einander folgen, aber immer nur in gewissen gegebenen Combinationen dahingehen.

Dieser Gedanke mag auch zur Entschuldigung dienen, wenn sich die naturwissenschaftliche Physiologie mit der Erläuterung der Geistesthätigkeiten so wenig als möglich beschäftigt. Wir haben früher gesehen, daß es der Zweckmäßigkeit des Organismus entspricht, wenn wir das, was in unserem Nervensysteme vorgeht, in seinen Einzelheiten nicht erkennen, sondern es nur in seiner Gesammtheit als Empfindung, Wille oder Schluß auffassen. Die Psychologie beschäftigt sich auch nur mit diesen Uebersetzungen, die für jetzt den Gegenstand naturgeschichtlicher Beschreibungen, nicht aber naturwissenschaftlicher Erläuterungen bilden. Da der Schlüssel zur Erkenntniß der Veränderungen, welche die Nervengewebe erleiden, und ihrer Beziehungen zu dem, was wir Seele nennen, noch gänzlich mangelt, so fehlt auch jede Grundlage, von der aus das ganze Gebiet der Erscheinungen auf wahrhaft physiologische Weise in Angriff genommen werden könnte.

Man ist bis jetzt nur im Stande, einige wenige Bedingungsglieder der wechselseitigen Bestimmung der Centralgebilde anzugeben. Wir sehen zuvörderst, daß die Möglichkeit einer großen Reihe von Wirkungen durch diejenigen Centraltheile, welche der Eintrittsstelle der Nerven am Nächsten liegen, gegeben ist, daß es aber von dem Einfluß fern gelegener Abschnitte abhängt, welche Art von Erfolg zu Stande kommt. Hat ein enthaupteter Frosch die vordere Hälfte seines Rückenmarkes beibehalten, so pflegt er sich früher oder später mit gebogenen Hinterbeinen zurecht zu setzen, sobald das Rückenmark überhaupt eine gewisse Größe von Kraft wiedererlangt. Wurde dagegen die Vorderhälfte des Rückenmarks gleichzeitig entfernt, so bleiben die Hinterfüße in der ihnen angewiesenen gestreckten Stellung ruhig liegen. Obgleich die Fasern der Beuger tiefer hinten in das Rückenmark eintreten, so wird doch ihr Uebergewicht durch gewisse Verhältnisse, die in dem vorderen Theile des Rückenmarkes begründet sind, bedingt. Da die Zwangs-

bewegungen erst nach der halbseitigen Verletzung der vor dem Rückenmarke gelegenen Theile auftreten, so ergiebt sich auch hieraus, daß gewisse gesetzliche Rückwirkungen auf frühere Centralabschnitte durch die organischen Verhältnisse selbst bedingt werden. Es geht der von dem Willen abhängige Ruhebefehl nach gegebenen Normen verloren.

Es wäre möglich, daß die Länge der Bahn, welche die Anregung in den zuleitenden Primitivfasern durchlaufen muß, den Ausschlag selbst bisweilen bestimmen hilft. Vergleichen wir nämlich die §. 4427. angeführte Uebersicht der empfindlichen und der unempfindlichen Bezirke des großen und des kleinen Gehirns, so muß es auffallen, daß die Grenzen der Schmerzensempfänglichkeit in weißen markigen Theilen, wie den Groß- und Kleinhirnschenkeln und dem Markkörper des kleinen Gehirns liegen. Wir können der Analogie nach nicht annehmen, daß die Schmerzensempfindung hier entsteht Wir haben früher gesehen, daß die Bedingungen des Schreiens und der Muskelbewegungen, welche den Schmerz der Thiere zu verrathen scheinen, in der Brücke und dem verlängerten Marke enthalten sind. Es ist im Ganzen nicht wahrscheinlich, daß die Schmerzhaftigkeit jener Markmassen nur davon herrührt, daß sie, wenn sie verletzt werden, die Brükkengegend mechanisch zerren. Da endlich keine anatomische Thatsachen nachweisen, daß einzelne Gruppen von Markfasern an den Grenzscheiden der Empfindlichkeit endigen, da viele unzweifelhaft viel weiter gehen, so kann man wenigstens vorläufig vermuthen, daß die oberflächlichen Verletzungen der Halbkugeln des großen oder des kleinen Gehirns die Thiere weder zum Schreien, noch zu heftigen Gegenbewegungen zwingen, weil die durch die Verletzung angeregte Veränderung in keiner genügenden Weise bis zu jenen Gebilden des Mittelgehirns fortgeführt wird. Dieser Einfluß des physiologischen Leitungswiderstandes, den wir schon früher in den peripherischen Nerven ausführlicher kennen gelernt haben, übernimmt vielleicht auch eine wesentliche Rolle in den so abweichenden Erfolgen, welche die Willenseinflüsse begleiten.

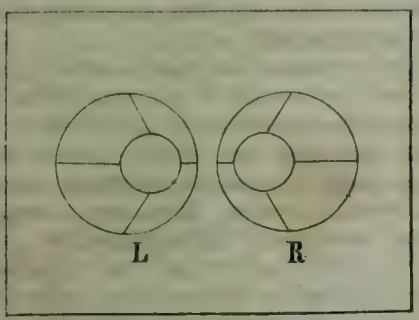
Die nähere Betrachtung der Schluckbewegungen der Speiseröhre führt endlich zu der Vermuthung, daß hier der geordnet fortschreitende Gang der Erregung nur dann möglich ist, wenn jedes einzelne Glied seine Aufgabe vollständig gelöst hat. Ist auch der eine der beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten worden, so können doch noch die Wellen längs der ganzen Speiseröhre hinabgleiten. Es reicht mithin die eine Seitenhälfte des verlängerten Markes zu dieser Wirkungsweise hin, gleich wie die Längstheilung desselben den übereinstimmenden Rhythmus der beiderseitigen Athemmuskeln nicht aufhebt und das ganze Herz durch elektrische Ströme, die nur eine Seitenhälfte des verlängerten Markes treffen, zum Stillstand gebracht wird. Ist dagegen eine irgend ausgedehnte Stelle der Speiseröhre örtlich unthätig gemacht worden, so bleiben die Wellen an diesem Unterbrechungsorte stehen, es mögen die beiden herumschweifenden Nerven oder nur einer von ihnen unversehrt geblieben sein.

4647 **Die seitliche Verdoppelung vieler Körpertheile bildet, wie die Symmetrie überhaupt, einen Ausfluß der planmäßigen Ernährungs- und Entwickelungsverhältnisse, nach denen der Organismus hergestellt worden. Die Natur zieht nur aus ihr, wie immer, den größtmöglichen Nutzen für die Thätigkeiten, die das thierische Wesen vollführen soll. Man wird auch leicht finden, daß wir viele Wirkungen gar nicht, andere nur sehr unvollkommen zu Stande bringen könnten, wenn unsere Organe jener seitlichen Symmetrie entbehrt hätten. Diese bedingt es aber von vorn herein, daß sich viele Stücke des centralen Nervensystems an beiden Seiten wiederholen. Es frägt sich jedoch, ob nicht tiefere Gründe es bestimmen, wenn jene Art von Anordnung in dem centralen Nervensysteme weit verbreitet erscheint, ob nicht manche Fähigkeiten desselben darauf beruhen, daß verwandte, aber nicht ganz gleiche Spannungen zu beiden Seiten auftreten und so eine Gleichgewichtsstörung bedingen, die ein einfaches oder ein aus zwei vollkommen gleichen Theilen zusammengesetztes Organ nicht hervorrufen könnte.**

Kein allgemeiner Zweckmäßigkeitsgrund kann die Verdoppelung des Auges, des Ohres, der Nasenhöhlen und der meisten Tastwerkzeuge erklären. Wer sich mit den übrigen Einrichtungen des Haushaltes der Natur vertrauter gemacht hat, wird die ältere Ansicht, nach der das Ganze eine bloße Sicherheitsmaßregel sei, damit z. B. das Sehen nach dem Verluste des einen Auges noch möglich bleibe, für ein Mißverständniß erklären. Wir finden vielmehr, daß jene Verdoppelung durch die Entwicklungsbedingungen gegeben ist. Die Natur benutzt sie zur Verbesserung der Sinneseindrücke. Sie muß aber hierbei zum Theil entgegengesetzte Wege einschlagen, indem sie z. B. jedem der doppelten Stücke der Tastwerkzeuge die Fähigkeit gesonderter Empfindungen verliehen hat, während sie die doppelten Eindrücke in den Gesichtswerkzeugen beseitigt und zu einer Einheitsauffassung verschmilzt. Eine genauere Betrachtung dieses Unterschiedes kann uns einige Vermuthungen über die hier durchgreifenden Vorgänge an die Hand geben.

Wir haben schon §. 3894 fgg. kennen gelernt, wie sich die Bilder beider Augen zu einer Einheitsanschauung verbinden. Gesetzt, *L* Fig. 365 sei die Zeichnung eines abgestutzten, mit seiner kleineren Endfläche zugewandten, in der Mitte vor uns befindlichen Drathkegels, wie er sich dem linken Auge zeigt und *R* wie er sich dem rechten Auge darstellt, so sehen wir einen mittleren körperlichen Drathkegel von beträchtlicher Länge und mit zugekehrter Abstumpfungsfläche, wenn jedes Auge das ihm entsprechende Bild aufnimmt und beide identische Netzhautbezirke berühren. Wäre aber die abgestutzte Fläche von uns abgewandt, so daß wir gleichsam in das Innere von der Basis aus hineinblicken, so würde die Zeichnung *R* dem linken und *L* dem rechten Auge entsprechen. Kehren wir nun die Versuchsbedingungen so um, daß das linke Auge in der That *R* und das rechte *L* an den passenden Stellen aufnimmt, so erblicken wir einen Drathkegel, dessen Spitze abgewandt ist und in dessen Inneres wir hineinzuschauen glauben.

Fig. 365.



½

Gerber fußte auf diesen Grundlagen, um ein einfaches Stereoskop (§. 3910.) herzustellen. Wir wollen die wesentlichste Einrichtung desselben kurz anführen, weil der Gebrauch dieses Apparates manche der zu erwähnenden Erscheinungen versinnlichen kann.

Ein Kästchen, wie es Fig. 366 in ⅛ der natürlichen Größe darstellt, besteht aus zwei wechselseitigen zusammenschiebbaren Hälften, damit der gegenseitige Abstand der Vorderwand *a* und der Hinterwand *b* nach Maaßgabe der Sehweite geregelt werden kann. Zwei Seitenfurchen, die entweder die Zeichnung oder den Spiegel aufnehmen, befinden sich dicht vor der Innenfläche der Vorderwand *a*. Die Hinterwand *b* hat einen passenden Nasenausschnitt, zwei Augenlöcher und eine Vorrichtung, mittelst der hier Zeichnungen oder eine mit Körpern versehene Tafel befestigt werden können.

Fig. 366.

Gesetzt, ich hätte nun die Fig. 366 abgebildete Zeichnung bei *a*, wie es Fig. 366 zeigt, angebracht, so daß *L* dem linken und *R* dem rechten Augenloche entspricht, so kann man eine einfache, nach vorn und hinten verrückbare, schwarze Verdeckungsplatte (bei *c*) an einer Stelle des Mittelraumes des Kästchens festschrauben. Man stellt sie so, daß das linke Auge nur *L* und das rechte nur *R* sieht. Fallen beide Bilder von selbst schon auf identische Netzhautbezirke oder ruft man dieses durch eine passende Augenconvergenz hervor, so bemerkt man einen einfachen körperlichen Drathkegel mit zugewandter Abstutzungsfläche.

Man nimmt hierauf die einfache Verdeckungsplatte *c* fort und setzt dafür die doppelte, welche in Figur 367 dargestellt ist, ein. Diese enthält zwei geschwärzte auf Stiften befestigte Scheiben, welche um ihre Längenachse beliebig gedreht wer-

Fig. 367.

den können. Man richtet sie so, daß das linke Auge nur *R* und das rechte nur *L* sieht. Vollführt man wieder die nöthige Convergenzbewegung, so erblickt man den hohlen Drathkegel mit abgewandter Abstutzungsfläche.

Die hierbei nothwendige Augenbewegung ist natürlich eine Uebungssache. Ich habe nach und nach so viel Herrschaft über meine Augenmuskeln gewonnen, daß ich gar kein Stereoskop brauche, um den dritten körperlichen Conus mit zugekehrter Abstumpfungsfläche zwischen den beiden Zeichnungen zu erblicken. Es giebt aber selbst Naturforscher von Fach, welche ihre Augenmuskeln in der bei dem Gebrauche der Verdeckungsplatten nöthigen Weise nicht beherrschen können. Gerber ersetzte daher die Verdeckungen durch Spiegelplatten, bei denen auch der Ungeübteste die Körper erblickt, wenn er nicht etwa nur ein Auge vorzugsweise oder ausschließlich gebraucht.

Eine Tafel enthält zwei unter einem sehr stumpfen Winkel divergirende ebene Spiegel an der einen und zwei ebenfalls unter einem sehr stumpfen Winkel convergirende an der andern Seite. Die Neigung je zweier Spiegelflächen gegen einander nähert sich 180°. Der Erfolg hängt von der passenden Winkelgröße wesentlich ab.

Die Spiegeltafel kommt, wie es Fig. 368 (und zwar an den divergirenden Spiegeln) zeigt, an die Innenfläche der Vorderwand *a*, während die Zeichnung an der Hinterwand *b* über den Augenlöchern angebracht wird. Es kehrt jetzt natürlich derselbe Gegensatz, wie bei den beiderlei Arten von Verdeckungsplatten, je nachdem man die divergirenden oder die convergirenden Spiegel gebraucht, wieder. Man erhält demgemäß den Kegel mit zu- oder mit abgewandter Abstutzungsfläche.

Fig. 368.

Wir haben schon früher (. 3910.) gesehen, daß die Auffassung der dritten Dimension des Raumes oder der Körperlichkeit die gleichzeitige Thätigkeit der beiden Augen nicht nothwendig voraussetzt. Die Bewegung oder das Forttragen des Punktes des deutlichsten Sehens übt einen großen Einfluß auf diese Erkenntniß aus. Wir legen aber eine Reliefzeichnung, die wir mit einem unbewegten Auge betrachten, körperlicher aus, so wie wir die Abspiegelung seitlicher Gegenstände von dem Auge möglichst fern halten.

Die stereoskopische Beobachtung kann zunächst deutlich machen, wie sehr das Urtheil der Körperlichkeit gewinnt, wenn die Bilder auf ungefähr identische Bezirke beider Netzhäute fallen. Gesetzt, wir hätten die Fig. 365 dargestellte Zeichnung und die einfache Verdeckungsplatte, wie es Fig. 366 zeigt, in das Stereoskop gebracht, so sehen wir einen langen, überaus körperlichen Drathkegel, so wie beide Augen die nöthige Convergenz eingeleitet haben. Schließen wir nun das eine Auge, so erscheint uns das entsprechende Bild bisweilen ganz eben, oft aber auch körperlich, jedoch bei Weitem niedriger, als früher. Die dritte Dimension des Raumes ist mit geringerer Schärfe ausgesprochen

Der Unterschied läßt sich nach den schon §. 3906 angegebenen Eigenthümlichkeiten der identischen Netzhautbezirke erklären. Betrachten wir eine Zeichnung mit einem Auge, so findet keine Ausgleichung irgend einer Art Statt. Wir sehen die schiefen Linien, welche die beiden Kreise Fig. 365 wechselseitig verbinden, in ihrer natürlichen Lage und Größe. Der ganze Eindruck der Körperlichkeit rührt nur von der Zeichnung selbst her, bei welcher wir den Abstand des kleineren von dem größeren Kreise nach Maaßgabe der wahren Länge und der wahren Geneigtheit der schiefen Verbindungslinien bemessen. Anders verhält sich dagegen die Sache, wenn wir beide Zeichnungen auf identische Netzhautbezirke bringen, und ein mittleres Einheitsbild hierdurch hervorrufen. Dieses fällt in die Mitte zwischen beiden Zeichnungen. Es decken sich die Mittelpunkte der beiden kleineren Kreise. Diese geben ein Kreisbild und die beiden größeren nahebei ebenfalls eins. Die beiden entsprechenden schiefen Verbindungslinien dagegen verschmelzen zu einer längeren Linie von mittlerer Neigung, welche der dritten Dimension anheimfällt. Der Kegel erscheint daher viel länger und körperlicher. Man kann sich diese Verhältnisse durch eine graphische Zeichnung, bei der man einen unveränderlichen optischen Mittelpunkt und die identischen Beziehungen beider Netzhäute zum Grunde legt, versinnlichen. Die Kreuzungspunkte der durch die identischen Netzhautstellen und die optischen Mittelpunkte gehenden Linien liefern dann die körperliche Gestalt.

Der Vorzug, den der passende Gebrauch beider Augen auf diese Weise gewährt, beschränkt sich aber nicht bloß auf die lebhaftere Erkenntniß der Körperlichkeit, sondern auch auf die Deutung der Stellung, die wir dem scheinbaren körperlichen Kegel unwillkührlich zuschreiben.

Zeichnet man sich zwei obere Figuren, deren Einheitsbild einen zugewandten und zwei untere, deren Einheitsbild einen abgewandten, abgestutzten Drathkegel unter den gleichen Verhältnissen darstellt, so gehen natürlich die schiefen Verbindungslinien in je einer oberen und unteren Figur, die für ein Auge bestimmt ist, in entgegengesetzten Richtungen dahin. Bringt man nun eine solche Zeichnung an der Innenwand des mit einer einfachen Verdeckungsplatte versehenen Stereoskopes (Fig. 365) an und betrachtet eine obere und eine untere Figur mit einem Auge, so stellen sich beide schwach körperlich unter den oben erwähnten Nebenbedingungen dar. Wir sind aber eher geneigt, beide so aufzufassen, als seien ihre abgestutzten Endflächen uns zugekehrt und als sähen wir z. B. den oberen Kegel mehr von der linken und den unteren mehr von der rechten Seite. Oeffnen wir das zweite Auge und erzeugen das Einheitsbild mittelst der nöthigen Convergenzbewegungen der Augäpfel, so erscheint uns sogleich der obere Kegel zugewandt und der untere abgewandt und ausgehöhlt. Dieser Unterschied erklärt sich ebenfalls aus der oben erwähnten Mechanik der Zusammentragung der beiden Bilder zu einer Einheitsauffassung.

Die Größe, in welcher der körperliche Kegel des Einheitsbildes erscheint, hängt von der Art und Weise, wie sich die Uebertragung in die mittleren Kreuzungspunkte der Richtungslinien gestaltet, ab. Bringen wir z. B. die Fig. 365 gegebene Zeichnung in das Stereoskop mit einfacher Verdeckungsplatte, so erscheint der zugewandte Kegel sehr lang und umfangreich. Der Kreis der Basalfläche ist beträchtlich größer, als der größere Kreis jeder der beiden Zeichnungen. Vertauschen wir nun die einfache Verdeckungsplatte mit der doppelten, während wir alles Andere unverändert lassen, so erhalten wir einen weit kleineren abgewandten Kegel. Eine Kegelzeichnung, bei welcher die einzelnen Linien anders geneigt sind, kann den gleichen Unterschied, aber in umgekehrter Weise liefern. Aehnliche Veränderungen der Größe kehren auch für die Würfel, die Octaeder, die zugespitzten oder abgestumpften Pyramiden, die Rhombododecaeder, die Pentagondodecaeder wieder.

Wenn man sich die beiden Mittelpunkte der kleineren Kreise Fig. 365 mit rother und die der größeren mit schwarzer Tinte bezeichnet, so findet man bei unbefangener Beobachtung einen rothen und zwei schwarze Punkte in dem Einheitsbilde, dieses mag einen zu- oder einen abgewandten abgestutzten Kegel darstellen. Die kleinere Kreisfläche erscheint auch etwas schärfer, als die größere. Untergeordnete Zeichnungsfehler geben sich an ihr in der Form scheinbarer Neigungen nachdrücklicher zu erkennen. Es verrathen sich die Grade der Empfänglichkeit, welche die einzelnen Stellen der Netzhaut je nach der Entfernung von dem hinteren Ende der Sehachse darbieten, in deutlichem Maaße.

Betrachtet man eine Doppelzeichnung, welche einen Doppelkegel von Drath darstellt, zuerst mit der einfachen und dann mit der zweifachen Verdeckungsplatte, so ereignet es sich in einem dieser beiden Fälle, daß der zugewandte Kegel gar keine Abstumpfungsfläche hat, daß die Linien, welche die Seitenwände bezeichnen, frei in der Luft endigen. Man sieht sie allerdings für Augenblicke in dieser Stellung. Das Urtheil verwirrt sich aber sehr leicht, so daß man häufig auch eben jene Linien in den anderen abgewandten Kegel zu verlegen versucht wird, oder daß sich die Anschauung des Ganzen unklarer darstellt. Betrachtet man die Zeichnungen unter den entgegengesetzten Verhältnissen, so daß die sichtbare Abstutzungsfläche dem Auge zugekehrt ist und die andere nicht vorhandene perspectivisch verdeckt wird, so ist das Urtheil bei Weitem sicherer.

Nehmen wir zwei Zeichnungen, welche zwar abgestutzte Kegel darstellen, in denen aber nur die beiden Kreise mit Linien angegeben, die Seitenwände dagegen durch schwarze Schatten und weiße Lichter ersetzt sind, und betrachten sie mit der einfachen und dann mit der doppelten Verdeckungsplatte, so ereignet es sich, daß sich z. B. der in dem letzteren Falle abgewandt und ausgehöhlt gesehene Kegel vollkommen körperlich darstellt, während das Bild im ersteren Falle ungenügend ausfällt. Man sieht hier oft keinen vollständigen Kegel, sondern die kleine Abstutzungsfläche erscheint vor der Grundfläche und wird von ihr durch einen Zwischenraum getrennt. Dieses bekräftigt von Neuem, daß hier zwei Momente zum Grunde liegen. Die geometrische Construction weist die Orte

im Raume an und das Urtheil verbindet das Ganze auf eine den einzelnen gesehenen Raumpunkten entsprechende Weise.

Solche schattirte Figuren, in denen natürlich die untergeordneten Fehler der Zeichnung zahlreicher auftreten und ganze Flächen gleichartiger ausfallen, lehren überhaupt deutlich, wie sehr hier gewisse organisch gegebene Bedingungen den Ausgangspunkt bilden und wie das Urtheil nur innerhalb bestimmter Grenzen berichtigend eingreifen kann. Es kommt z. B. vor, daß eine geringe Veränderung der Convergenz hinreicht, um das immer noch in seinen meisten Theilen einfach bleibende Einheitsbild flach oder körperlich aufzufassen oder die Lichter und die Schatten richtig oder unrichtig zu deuten. Es hängt hier oft von der unerbittlichen geometrischen Construction und nicht von unserem erworbenen Wissen ab, ob wir eine der Flächen größer oder kleiner, gerade oder schief geneigt, eben, ausgehöhlt oder erhaben erblicken.

Bedient man sich der Körper selbst, statt der Reliefzeichnungen, so kehrt ein ähnlicher Zwang wieder. Betrachte ich z. B. zwei abgestutzte Holzkegel, welche symmetrisch aufgestellt sind, mit der einfachen Verdeckungsplatte aus einer gewissen etwas größeren Entfernung, so erscheinen sowohl das Einheitsbild als das einfache Bild eines jeden einzelnen Auges in der dritten Dimension niedriger und gegen die abgewandte Basis hin bauchiger. Vertausche ich die einfache Verdeckungsplatte mit der doppelten, so wird der Kegel länger und schmaler. Gebraucht man zwei congruente Drathkegel und z. B. die doppelte Verdeckungsplatte, so liegt das einfache Luftbild nicht in der Mitte zwischen den Drathkegeln, sondern beträchtlich von ihnen entfernt und zwar an dem Orte, der wieder den Kreuzungsstellen entspricht. Man kann ein Messer hindurchführen, ohne daß die Anschauung wesentlich gestört wird.

Bedenken wir, daß in allen diesen Fällen stereometrische Constructionen vorkommen, die wir nur mit vieler Mühe graphisch aufzeichnen können, daß untergeordnete Veränderungen der Grundbedingungen einen Formenwechsel mit mathematischer Sicherheit nach sich ziehen, so ergiebt sich von selbst, daß es sich hierbei um etwas mehr handelt, als um eine bloße ungefähre Berichtigung, die wir in Folge der durch den Tastsinn oder durch frühere Erfahrungen überhaupt gewonnener Kenntnisse vornehmen. Die nöthige Convergenz der Augen, das Auftragen der Bilder auf bestimmte Netzhautstellen liefert hier gewisse Grundlagen, die dann ohne Weiteres mit mathematischer Consequenz weiter fortgeführt werden.

Es ist noch völlig unbekannt, durch welche Mechanik jene stereometrische Construction herbeigeführt wird. Sie setzt aber zwei Dinge voraus. 1) Es muß gewisse entsprechende Netzhautbezirke in beiden Augen geben, die, wenn sie gleichartig angeregt werden, einen einfachen, d. h. keinen räumlich unterscheidbaren Eindruck liefern, und 2) es müssen die Eindrücke selbst in bestimmten Richtungslinien, deren Verlauf von der Stellung der Netzhaut und der anderen Nebenbedingungen abhängt, nach außen verlegt werden. Combinirt man diese beiden Vordersätze, so ergiebt sich die stereometrische Construction von selbst. Denn wenn gleichsam das Bild eines gesehenen Punktes in einer gegebenen Richtungslinie dahingleitet, so ist der Kreuzungspunkt der beiden den identischen Stellen entsprechenden Richtungslinien der einzige Ort, in dem keine Doppelbilder auftreten können. Daß dann die Betrachtung zweier geeigneter perspectivischer Zeichnungen die Auffassung der dritten Dimension des Raumes nach sich zieht, kann man sich schon ohne weitere graphische Darstellung z. B. aus Fig. 302 S. 217 klar machen.

Man darf mit Recht annehmen, daß die richtige Auffassung der der dritten Dimension angehörenden Entfernungen nicht ursprünglich im Auge liegt, daß wir sie erst nach und nach schätzen lernen und daß hierbei das Gefühl der nöthigen Augenstellung eine Hauptrolle übernimmt. Berücksichtigen wir aber die eben erwähnten stereoskopischen Erfahrungen, so ergiebt sich, daß wir hier eine Feinheit des Urtheils unmittelbar zu Tage fördern, dessen Analyse einen hohen Grad von Nachsinnen erfodern würde. Es geht in diesem Falle wahrscheinlich, wie mit vielen anderen Wirkungen des centralen Nervensystems. Die sogenannte Erfahrung weckt nur gelegentlich gewisse Fähigkeiten, die einer verhältnißmäßig kleinen Unterstützung bedürfen, damit sie vollkommen frei werden. Einzelne, nur vorübergehend und dunkel aufgefaßte Erscheinungen des Gleichgewichtes z. B. lehren ebenfalls, wie wir uns bei den verschiedenen Bewegungen halten sollen. Wir lernen in ähnlicher Art die organisch gegebene Nichtunterscheidung zweier Bilder, die identischen Netzhautbezirken entsprechen, anwenden, und so die ganze, Punkt für

Punkt erfolgende Construction als eine körperliche Anschauung auf ein Mal auffassen. Die Erfahrung schafft nichts Neues. Sie lehrt nur die vorhandenen Werkzeuge passend gebrauchen, ungefähr wie die Uebung die Finger eines Clavierspielers in den Stand setzt, sich ohne weiteres Nachdenken auf eine den Noten entsprechende Art zu bewegen.

Farbige Bilder weisen darauf hin, daß die Eindrücke beider Augen nicht ursprünglich verschmelzen, daß die zum Grunde liegenden Empfindungen nicht verloren gehen, sondern daß das Einfachsehen erst vermöge einer ferneren Combination zu Stande kommt. Macht man z. B. die eine der beiden Zeichnungen einer abgestutzten Pyramide blau und die andere gelb, und zwar auf eine den Schatten und Lichtern entsprechende Weise, so erscheint das seiner Form nach vollständige Einheitsbild nicht gleichförmig grün. Man findet entweder, daß einzelne Flächen blau, andere gelb aussehen, daß die Färbung eines und desselben Flächenstückes zwischen beiden Coloriten schwankt, oder daß man endlich die zweite Farbe hinter der ersten an einzelnen Orten hindurchsieht. Wir haben mit einem Worte den Wettstreit der beiden Augen für die Farben und die Einfachheit für die Gestalten. Ist nur eine der beiden Zeichnungen gefärbt, so leidet die Form des Einheitsbildes nicht im Geringsten. Es hängt aber von den Nebenverhältnissen ab, ob wir alle Flächen schwach gefärbt, einzelne gefärbt und andere ungefärbt sehen, oder ob eine Fläche, die kurz vorher weiß erschien, einen blassen Farbenhauch an manchen Stellen für den Augenblick annimmt.

Wir können uns hiernach vorstellen, daß das Centralwerkzeug jedes Auges für sich thätig ist. Fallen die Anregungen örtlich gleich aus, so verwechselt das Gehirn die Gleichheit mit der Einfachheit der Empfindung. Es verlegt diese daher in den Kreuzungspunkt der durch die übrigen Verhältnisse bestimmten Richtungslinien. Die Gleichheit der örtlichen Deutung schließt aber die Ungleichheit der Farbenerregung nicht aus. Es können daher die stereometrischen Raumbestimmungen zusammenfallen, während die Auffassung der Farben zwischen dem einen und dem anderen Auge schwankt.

Nimmt man eine gelbe und eine blaue Oblate, so glückt es allerdings bei geeigneter Farbenwahl, daß eine schmutzige grüne Farbe herauskommt. Der Mangel an perspectivischer Vertheilung der Farbenflächen begünstigt hier wahrscheinlich das Auftreten der Mischfarbe. Man kann sich schon an den gefärbten Figurenzeichnungen überzeugen, daß auch der Vorzug der Beleuchtung einen gewissen Einfluß auszuüben vermag.

Wenn die Natur die gesonderte Thätigkeit der beiden Augen auf diese Weise beseitigt und die Störung der Doppelbilder aufhebt, während der Tastsinn keine solche Einheitsverbindung der entsprechenden Seitenstücke kennt, so kann dieses allerdings von Grundunterschieden der Wechselbeziehungen zu dem Gehirn abhängen. Es wäre aber auch möglich, daß die beiden Seitenhälften der Centralwerkzeuge des Tastsinnes nicht vollkommen gleichartig gebaut sind, so daß zwei genau übereinstimmende Anregungen nie zu Stande kämen. Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß die Tastwerkzeuge durch jene Unterscheidung der beiden seitlichen Hälften an Empfindungsoberfläche gewinnen und zur genaueren Erkenntniß der Flächenverhältnisse gelangen. Die Muskelbewegungen liefern dann leicht die dritte Dimension des Raumes.

Keine Thatsache der Sinnenphysiologie nöthigt zu dem Schlusse, daß die Centralgebilde zu einem unpaaren Mittelstücke wahrhaft verschmelzen. Erinnern wir uns des halbseitigen Kreuzungseinflusses, den die Entartung der Seh- und der Streifenhügel auf die Extremitäten des Menschen ausübt, des vorherrschend einseitigen Erfolges, der die Zwangsbewegungen bedingt, so fragt es sich, ob die Duplicität überhaupt in denjenigen Theilen des centralen Nervensystemes, welche sich auf die peripherischen Werkzeuge beziehen, je zu Grunde geht. Wir können sogar annehmen, daß die Einheitswirkungen vieler Hirngebilde darauf beruhen, daß die beiderseitigen Stücke keinen Unterschied der Erregung verrathen und daher als einfache Wirkung aufgefaßt werden.

Die Frage, ob wir nur einen Eindruck in einem gegebenen Augen- 4648
blicke erkennen oder ob wir mehrere gleichzeitig wahrnehmen, schließt eine Unbestimmtheit in sich, die man wahrscheinlich nie wird beseitigen können. Es handelt sich nämlich hierbei um Zeitunterschiede, um Bruchtheile von Secunden, die sich in Erfahrungen, bei denen unser Bewußtsein selbst betheiligt ist, nicht deutlich verfolgen lassen. Wir müssen hier überdies zwi-

schen mehreren Auffassungen eines oder verschiedener Sinne, zwischen denen, die wir bewußt aufnehmen und verarbeiten und denen, in welchen dieses nicht stattfindet, unterscheiden.

4649 Sollen wir uns mannigfache Sinneseindrücke reflectirend verarbeiten, so scheint sich unser Geist nur mit einem in einem gegebenen Augenblicke beschäftigen zu können. Ein und dasselbe Sinneswerkzeug bemerkt dagegen, so viel sich beurtheilen läßt, eine Reihe verschiedener Empfindungen, welche differente Stellen seiner Nervenwerkzeuge anregen, gleichzeitig. Wenn mehrere Eindrücke abweichender Art einen und denselben Bezirk treffen, so hängt es von den Nebenverhältnissen ab, ob der eine den anderen unterdrückt, ob beide fast gleichzeitig wahrgenommen werden, oder ob eine Mischempfindung zu Stande kommt.

Wir können zwar mehrere verschiedene Eindrücke gleicher oder ungleicher Art in demselben Augenblicke aufnehmen und sogar dunkel auffassen. Es ist aber nicht möglich, zwei zu gleicher Zeit auf ein Mal reflectirend zu verfolgen oder mit einem gewissen Nachdruck des Bewußtseins zu erkennen. Wenn z. B. die Spiegel des S. 726 erwähnten Stereoskopes nicht unter dem den übrigen Verhältnissen entsprechenden Winkel eingestellt sind, so sieht man nicht bloß das mittlere Einheitsbild, sondern auch die beiden ihm zum Grunde liegenden Reliefzeichnungen. Man erkennt die Anwesenheit von diesen, wenn man auch jenem seine Aufmerksamkeit zuwendet. Man unterscheidet sogar die ungleichen Farben, wenn z. B. die eine Zeichnung blau und die andere gelb ist. Man ist aber nicht im Stande, eine von ihnen genauer aufzufassen, so lange man die Aufmerksamkeit auf den Einheitskegel wendet. Dieses rührt nicht etwa nur daher, daß die erblickten Zeichnungen, welche dann als zweite Spiegelbilder auf nicht identische Netzhautbezirke fallen, dem Gebiete des indirecten Sehens angehören. Denn eine willkührliche Ablenkung der Aufmerksamkeit kann jedes einzelne von ihnen sogleich klarer machen, ohne daß sich die Form des Einheitsbildes auffallend verändert. Diese Ausschließlichkeit der Aufmerksamkeit bedingt, daß wir den verschiedenen Rhythmus von zwei Reihen verhältnißmäßig langsamer Stöße nicht gemeinschaftlich verfolgen, sondern nur höchstens einen von ihnen genau, sei es mittelst des Ohres oder des Tastsinnes, erkennen. Die Vertiefung in eine bestimmte Gedankenreihe, während der die äußeren Eindrücke unbeachtet vorübergehen, bildet wahrscheinlich nur einen anderen Ausdruck des gleichen Grundgesetzes. Wenn uns auch diese Einseitigkeit der reflectirenden Erkenntniß zwingt, eines nach dem anderen vorzunehmen, so gewährt sie dafür den Vortheil, die Verwirrung, welche die Erregbarkeit der verschiedensten Punkte der mannigfachen Sinneswerkzeuge bedingen könnten, zu beseitigen.

Eine den Astronomen geläufige Erfahrung beruht wahrscheinlich auf denselben Verhältnissen. Die mit dem Passageinstrument angestellten Bestimmungen des Durchganges der Gestirne fußen auf den wechselseitigen Verbindungen von Gesichts- und Gehörseindrücken. Man horcht auf die in gleichen Zeitpausen sich wiederholenden Schläge der Pendeluhr. Tritt der Stern bei seiner scheinbaren Bewegung in die nächste Nachbarschaft des Mikrometerfadens, so merkt man sich den Ort, den er bei dem einen Pendelschlage zuletzt diesseit und bei dem nächsten jenseit des Fadens gestanden hat. Man schätzt dann die mittlere Zeit, zu welcher sein Ort dem Faden genau entsprach. Wiederholt ein und derselbe Beobachter dieses Verfahren mehrere Male, so kann er Werthe erhalten, welche einander wechselseitig der Berechnung nach entsprechen. Wird dagegen die Untersuchung von mehreren gleichzeitig vorgenommen, so zeigen sich Unterschiede, die bei sehr geübten Forschern auf $\frac{1}{3}$ und bei minder geübten selbst auf eine ganze Secunde steigen.

Man nahm an, daß die Geschwindigkeiten, mit denen sich die verschiedenen Sinneseindrücke dem Bewußtsein mittheilen, in einem und demselben Menschen unter einander und in verschiedenen Personen absolut abweichen. So wahrscheinlich auch solche Unterschiede sein mögen, so wenig können vermuthlich so beträchtliche Zeitdifferenzen, als die oben angeführten, aus ihnen allein hervorgehen. Wir werden aber diese eher begreifen, wenn wir den Grundsatz der Einseitigkeit der reflectirten Auffassung zum Grunde legen.

Der Mensch hört den bestimmten Pendelschlag. Er schätzt dann nicht gleichzeitig, wie weit sich der Stern von dem Mikrometerfaden befindet. Diese zweite genaue Auffassung und die sich daran knüpfende Reflexion erfolgt erst einen gewissen, nach Verschiedenheit der Personen beträchtlicher wechselnden Zeitraum später. Es treten daher auch merkliche Zeitunterschiede in verschiedenen Menschen hervor.

Manche unmittelbare Erfahrungen lassen es unentschieden, ob die mannigfachen Empfindungen gleichzeitig oder kurz nach einander aufgefaßt werden. Einzelne Gehöreindrücke müssen z. B. hierher gerechnet werden. Wenn wir den Grundton und die Octave anschlagen, so hören wir zwei Töne aus der Gleichartigkeit heraus. Ein gutes musikalisches Ohr unterscheidet die einzelnen Töne innerhalb des Accordes.

Berühren wir einen sehr kalten oder einen sehr warmen Körper, so pflegt die thermische Empfindung dem mechanischen Tasteindrucke voranzugehen. Weicht die Temperatur der befühlten Masse von der der Tastoberfläche nicht wesentlich ab, so zeigt sich eher das Umgekehrte. Der stärkere Eindruck scheint sich früher geltend zu machen. Die Helligkeit wirkt auch in ähnlicher Weise für den Wettstreit beider Augen.

Suchte Volkmann [1]) verschiedene Farben zweier Bilder, von denen das eine scharf und das zweite in Zerstreuungskreisen gesehen wurde, auf denselben Bezirk der Netzhaut zu bringen, so entstand keine Mischung. Er sah die eine Farbe gleichsam durch die andere hindurch. Harleß [2]) schließt aus Versuchen, die er mit verschieden gefärbten halben Drehscheiben anstellte, daß eine Mischung allerdings unter möglichst gleichen Verhältnissen zu Stande kommt.

---

[1]) Volkmann, in Müller's Archiv. 1838. S. 374.

[2]) E. Harless, Physiologische Beobachtung und Experiment. Nürnberg 1848. 8. Seite 46. 47.